



В. Н. Павлов, В. П. Тарасенков

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ИНЖЕНЕР-ПОДПОЛКОВНИК
В. Н. ПАВЛОВ
КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ДОЦЕНТ ИНЖЕНЕР-ПОЛКОВНИК
В. П. ТАРАСЕНКОВ

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
Москва—1957

Настоящая книга предназначена для солдат и матросов, желающих получить начальные знания по поршневым двигателям внутреннего сгорания. В книге кратко, в доходчивой форме описаны устройство и работа двигателя и отдельных его механизмов, основные физические процессы, протекающие в двигателе, и приведены некоторые правила по эксплуатации и техническому обслуживанию поршневых двигателей.

ВВЕДЕНИЕ

Двигатель внутреннего сгорания сравнительно за короткий исторический срок получил широкое распространение и самое разнообразное применение.

Особенно большим оказалось значение двигателя внутреннего сгорания для развития воздушного и наземного безрельсового транспорта. С рождением двигателя внутреннего сгорания появилась возможность создания самодвижущегося экипажа — автомобиля и мотоцикла. В настоящее время имеется множество конструкций автомобилей — легковых, грузовых самой различной грузоподъемности, автобусов для перевозки пассажиров внутри городов и между городами, специализированных машин — автозаправщиков, автокомпрессоров, подвижных электростанций и т. д. Все эти машины приводятся в действие двигателями внутреннего сгорания самых различных типов и размеров.

Двигатель внутреннего сгорания стал основой механизации сельского хозяйства. Тракторы, самоходные комбайны и другие сельскохозяйственные машины применяются в огромном количестве в колхозах и совхозах.

Все глубже внедряется двигатель внутреннего сгорания в железнодорожный транспорт. Тепловоз, приводимый в действие двигателем внутреннего сгорания, имеет ряд значительных преимуществ перед паровозом — более экономичен, может перевозить грузы на большие расстояния без пополнения водой и топливом и т. д.

Повышается удельный вес двигателя внутреннего сгорания и в судостроении. Не только на мелких судах, но и на гигантах морского флота устанавливаются двигатели внутреннего сгорания.

Все виды боевой техники Советской Армии и Военно-Морского Флота насыщены двигателями внутреннего сго-

рания. Танки, самоходно-артиллерийские установки, бронетранспортеры, самолеты, боевые корабли, мотоциклы и множество мелких и крупных вспомогательных машин приводятся в действие двигателями внутреннего сгорания.

Наконец, наша промышленность широко использует двигатели внутреннего сгорания в качестве стационарных установок. Такие стационарные силовые установки распространены на малых и средних электростанциях, нефтяных промыслах, насосных станциях и т. п.

Первый двигатель внутреннего сгорания, появившийся в 1860 г. в Париже, работал на газовом горючем и был настолько несовершенен, что не могло быть и речи о широком его использовании. Первые газовые двигатели были очень тяжелыми и маломощными. Использование их было связано с получением горючего газа. Применение же для транспортных машин исключалось.

Появление двигателя внутреннего сгорания и поиски для него удобного и дешевого горючего дали определенный толчок к развитию нефтеперерабатывающей промышленности. К концу прошлого столетия нефтеперерабатывающая промышленность могла уже предоставить для двигателей внутреннего сгорания отличное горючее — керосин и бензин. Однако керосин и бензин были еще сравнительно дороги, и двигатели внутреннего сгорания, работавшие на них, не могли успешно конкурировать с более дешевыми паровыми машинами.

В 1899 г. на Петербургском механическом заводе был построен первый русский двигатель с воспламенением от сжатия, работавший на нефти. Двигатель показал себя надежным и эффективным в работе, и с этого момента такие двигатели, работавшие на тяжелом горючем, стали широко применяться, особенно на малых судах речного и морского флота.

Легким двигателям, способным работать на транспортных машинах — автомобилях, в России до Великой Октябрьской социалистической революции не уделялось внимания. Такие двигатели должны были удовлетворять особым требованиям — быть легкими и малогабаритными, иметь определенный диапазон оборотов, работать на горючем, которое можно перевозить вместе с двигателем, и т. д.

В России были спроектированы и даже построены образцы таких двигателей, однако они не получили рас-

пространения вследствие общей экономической отсталости страны.

В странах же с высокоразвитым капиталистическим хозяйством транспортный двигатель внутреннего сгорания получил достойную оценку и в короткий срок завоевал прочные позиции в хозяйстве.

С каждым годом шло совершенствование двигателей внутреннего сгорания. Совершенствовались отдельные детали, улучшался рабочий процесс, повышались мощностные и экономические показатели. Быстро развивалась наука о двигателях внутреннего сгорания, успехи которой в свою очередь обеспечивали совершенствование конструкций. Большим вкладом в теорию двигателей явились работы русских ученых, профессоров В. И. Гриневецкого, Е. К. Мазинга и др.

Сильный толчок развитию транспортного двигателестроения дала первая империалистическая война 1914—1918 гг. Однако царская Россия не смогла организовать у себя широкого производства транспортных машин и транспортных двигателей внутреннего сгорания.

С установлением Советской власти наряду с задачами восстановления разрушенного хозяйства предпринимаются шаги и к организации новых отраслей промышленности, в частности — производства двигателей, главным образом автомобильных и авиационных. Однако до начала первой пятилетки двигатели выпускались в мизерном количестве.

В начале первой пятилетки назрел вопрос о широком развертывании двигателестроения. Только автомобилей и тракторов нужно было выпустить на дороги и поля страны сотни тысяч. Кроме того, гигантскими темпами развивались самолетостроение, судостроение и другие отрасли промышленности, требовавшие огромного количества двигателей внутреннего сгорания. За годы предвоенных пятилеток было создано множество моделей двигателей внутреннего сгорания, среди которых следует отметить автомобильные двигатели ГАЗ и ЗИЛ, тракторные ЧТЗ и танковый двигатель типа В-2. Вот имена виднейших конструкторов, создателей лучших советских двигателей: А. А. Микулин, А. Д. Швецов, И. Я. Трашутин и др.

Великая Отечественная война еще раз подтвердила важнейшее значение двигателя внутреннего сгорания в

развитии военной техники. Не было такого рода войск, который бы не использовал с различной целью двигатели внутреннего сгорания.

Годы послевоенных пятилеток, в течение которых советский народ под руководством Коммунистической партии Советского Союза не только восстановил, но и значительно превзошел довоенный уровень производства, принесли новые достижения в двигателестроении. Созданы новые замечательные образцы двигателей для сельскохозяйственных машин, в том числе экономичные и удобные в эксплуатации дизели. Созданы двигатели большой мощности для крупного судостроения, для электростанций, для железнодорожного транспорта.

Неоценимы заслуги наших советских ученых в развитии отечественного двигателестроения. Это они дали стройные объяснения процессов, происходящих в двигателях, создали новые совершенные методы расчета. Большой вклад в науку о двигателях внесли академики Б. С. Стечкин и Н. Р. Брилинг, профессора А. С. Орлин, Т. М. Мелькумов, А. Д. Чаромский и многие другие ученые.

Двадцатый съезд КПСС в своих директивах по шестому пятилетнему плану наметил дальнейшее расширение производства двигателей внутреннего сгорания и механизмов, использующих двигатели в качестве силовых установок. Директивы предусматривают, например, такое развитие автомобильной и тракторной промышленности, чтобы к 1960 г. в стране выпускалось 650 тыс. автомобилей (в полтора раза больше чем в 1955 г.) и 322 тыс. тракторов (в два раза больше чем в 1955 г.).

Такое большое количество автомобилей и тракторов, не говоря уже о других машинах и установках, приводимых в действие двигателем внутреннего сгорания, требует высококвалифицированных водителей и мотористов, механиков и специалистов по ремонту, в совершенстве владеющих своей профессией.

Но и помимо работников, непосредственно связанных с двигателем, каждый рабочий и колхозник, солдат и матрос должны хорошо разбираться как в физических процессах, происходящих в двигателе внутреннего сгорания, так и в устройстве и основах эксплуатации его.

В этой книге не дается описания конкретного двигателя автомобиля или трактора. Здесь разобраны явления,

происходящие в двигателе, описаны общие принципы устройства и работы отдельных узлов и механизмов применительно к отечественным конструкциям, изложены основные вопросы эксплуатации двигателя.

Авторы желают дать солдатам и матросам, интересующимся боевой техникой, первые элементарные сведения по двигателям внутреннего сгорания, составляющим важнейшую часть многих боевых машин.

Глава I

ПРИНЦИП РАБОТЫ И ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

КЛАССИФИКАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Предварительно мы должны определить: что же называется двигателем вообще и в чем отличие двигателя внутреннего сгорания от других разновидностей двигателя?

В повседневной жизни мы встречаемся с разнообразными видами энергии: энергия тепловая, энергия химическая, энергия электрическая, энергия ветра, энергия падающей воды, наконец,— энергия атомных превращений. Все эти виды энергии «в чистом виде» в практической жизни мы используем в весьма ограниченных пределах. В большинстве же случаев нам нужно получить механическую работу — работу, необходимую для движения автомобиля, трактора, самолета, для приведения в действие станка, подъемной машины или бесчисленного множества других механизмов. Машина, которая превращает энергию какого-либо вида в механическую работу, и называется д в и г а т е л е м.

Люди научились превращать любой вид энергии в механическую работу. В зависимости от используемого первичного вида энергии можно подразделить двигатели на ветровые, гидравлические (водяные), электрические, атомные, тепловые. Наибольшее распространение получили тепловые двигатели. Объясняется это большими запасами топлива — носителя тепловой энергии, сравнительной легкостью выделения энергии и независимостью

использования ее от места добычи или производства топлива.

Двигатель внутреннего сгорания относится к тепловым двигателям. Так его назвали потому, что тепловая энергия выделяется и преобразуется при сжигании горючего внутри двигателя.

Двигатели внутреннего сгорания подразделяются на **поршневые, газовые турбины, реактивные и комбинированные.**

В данной работе подробно рассмотрены поршневые двигатели внутреннего сгорания, у которых горючее сжигается в цилиндре, а энергия сгорания преобразуется в механическую работу с помощью поршня и кривошипного механизма. Поршневые двигатели широко применяются во всех отраслях народного хозяйства, а также в военной технике (рис. 1).

Итак, горючее, сжигаемое внутри цилиндра двигателя, выделяет тепловую энергию, или теплоту. Тепловая

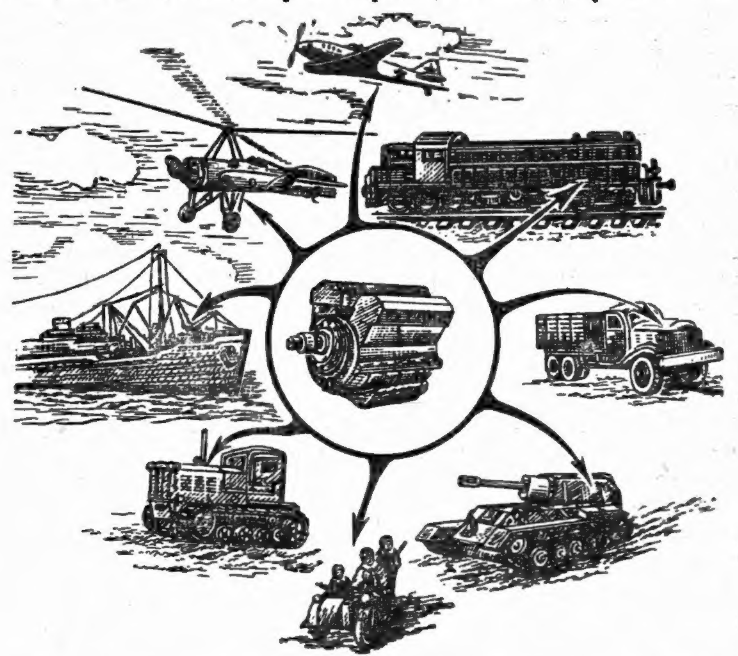


Рис. 1. Области применения поршневых двигателей внутреннего сгорания

энергия проявляется в повышении температуры газообразных веществ, заполняющих цилиндр после сгорания горючего. Известно, если повышается температура газа в замкнутом сосуде, то пропорционально повышается и давление. Газы при этом стремятся расшириться и давят на все внутренние стенки сосуда с одинаковой силой (рис. 2). Такой замкнутый «сосуд» к моменту воспламе-

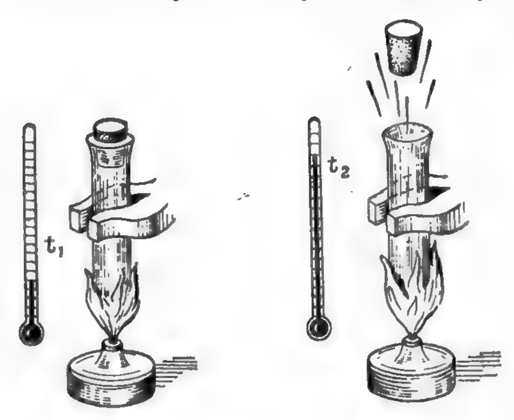


Рис. 2. При нагреве газа его давление увеличивается

нения горючего представляет собой цилиндр двигателя. Однако одна из стенок этого «сосуда», а именно — поршень, может передвигаться вдоль направляющих стенок цилиндра. Горячие газы, обладающие большим давлением над поршнем, заставляют его совершать такое движение, поскольку под поршнем давление остается примерно равным атмосферному.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания делятся на две группы: двигатели с принудительным зажиганием и двигатели с воспламенением от сжатия (дизели).

В двигателях с принудительным зажиганием перемешивание горючего с воздухом, необходимым для сгорания, происходит вне цилиндра двигателя, и в цилиндр поступает уже готовая горючая смесь. Для приготовления смеси горючего с воздухом предусмотрены особые устройства — карбюраторы.

Отметим, что имеется небольшое число двигателей с принудительным зажиганием, в которых горючее впры-

скивается прямо в цилиндр, где оно смешивается с воздухом непосредственно перед воспламенением. Такие двигатели называются насосно-карбюрационными.

Смесь в цилиндре воспламеняется с помощью электрической искры, вырабатываемой приборами зажигания.

В двигателях с принудительным зажиганием применяют легкоиспаряющиеся сорта горючего (бензин, лигроин, газообразное горючее).

В двигателях с воспламенением от сжатия в цилиндры поступает чистый воздух. В определенный момент в воздух, к тому времени уже сжатый, впрыскивается горючее, так что смесь образуется внутри цилиндра. Перемешивание должно происходить за очень короткий промежуток времени. Впрыскивается горючее с помощью дополнительных приборов и механизмов — топливоподающей аппаратуры.

В двигателях с воспламенением от сжатия употребляются плохоиспаряющиеся сорта горючего, имеющие в нормальных условиях высокую температуру воспламенения от постороннего источника пламени и сравнительно низкую температуру воспламенения под давлением без применения источника открытого пламени.

СХЕМА УСТРОЙСТВА ДВИГАТЕЛЯ

Рассмотрим рис. 3, на котором схематически изображен цилиндр двигателя. В цилиндре прямолинейно движется поршень, размах хода которого ограничен кривошипом коленчатого вала. Поршень и кривошип связаны между собой шатуном. Соединения шатуна и с поршнем и с кривошипом — подвижные. Крайнее положение поршень занимает в тот момент, когда шатун выходит на одну линию с кривошипом. Таким образом, границами движения поршня могут быть верхнее крайнее положение и нижнее крайнее положение, иначе называемые **верхней и нижней мертвыми точками**.

Названия «верхняя мертвая точка» и «нижняя мертвая точка» (сокращенно обозначаемые соответственно в. м. т. и н. м. т.) употребляются для всех поршневых двигателей, хотя они справедливы только для вертикальных двигателей с нижним расположением коленчатого вала. Более правильно назвать их «внутренняя» и «наружная» (первая — вместо «верхняя», вторая — вместо

«нижняя») мертвые точки. Эти точки называются «мертвыми» потому, что поршень, находящийся в одной из них, не может под давлением сдвинуться с места, пока не будет создан хотя бы незначительный угол между шатуном и кривошипом.

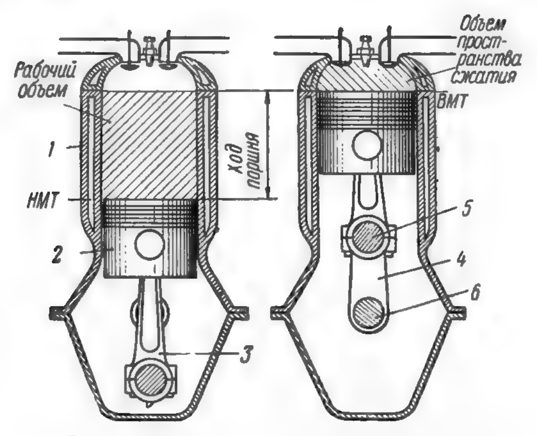


Рис. 3. Схема цилиндра двигателя:
1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — шатун; 4 — кривошип; 5 — кривошипная шейка коленчатого вала; 6 — опорная шейка коленчатого вала

Для того чтобы горючее сгорело в цилиндре и тепло превратилось в работу, необходимо процесс сгорания хорошо подготовить. Под хорошей подготовкой процесса сгорания нужно понимать полную очистку полости цилиндра от отработавших газов, хорошее перемешивание горючего с воздухом, хорошее наполнение цилиндров рабочей смесью, создание предварительных давления и температуры, достаточных для надежного воспламенения рабочей смеси.

Такт впуска. Рабочий объем. Литраж

Рабочая смесь (см. главу II) сгорает в цилиндрах двигателя отдельными «порциями». Совокупность процессов, происходящих в цилиндрах двигателя и связанных с подготовкой рабочей смеси к сгоранию и сгоранием одной ее «порции», обеспечивающей получение полезной работы, называется р а б о ч и м ц и к л о м двигателя.

Часть рабочего цикла, происходящая во время движения поршня от одной мертвой точки до другой, называется тактом, а перемещение поршня или расстояние между мертвыми точками по оси цилиндра — ходом поршня.

Рабочий цикл двигателя начинается с заполнения цилиндра горючей смесью, т. е. смесью горючего и воздуха. Предположим, что поршень начинает двигаться вниз от верхней мертвой точки. По мере движения поршня над ним увеличивается объем и находящиеся там газы стремятся расшириться и занять этот объем. Так как и над поршнем и под поршнем к началу его движения вниз было одинаковое давление, равное атмосферному, увеличивающийся объем приводит к разрежению газов над поршнем, т. е. к давлению, пониженному по сравнению с давлением во впускном трубопроводе.

Под действием разности давлений в надпоршневом пространстве и во впускном трубопроводе воздух устремится в цилиндр через отверстие, открываемое впускным клапаном. Таким образом, во время движения поршня от верхней мертвой точки к нижней весь цилиндр заполняется зарядом рабочей смеси или воздуха. Этот такт называется тактом впуска (рис. 4). Чем ближе будет действительная величина заряда к расчетной теоретической величине, тем лучше будет работать двигатель, тем большей будет его мощность и тем меньшим будет расход горючего на каждую единицу мощности.

Объем, освобождаемый поршнем при движении от верхней мертвой точки к нижней, называется рабочим объемом цилиндра. Сумма рабочих объемов всех цилиндров в многоцилиндровом двигателе составляет литраж двигателя. Объем цилиндра над поршнем, когда последний находится в нижней мертвой точке, называется полным объемом цилиндра.

Впускной клапан открывается не в тот момент, когда поршень начинает движение от в. м. т., а несколько раньше. При таких условиях цилиндр хорошо очищается от оставшихся продуктов сгорания, так как поток отработавших газов выходит через выпускное отверстие с большой скоростью и свежий заряд, засасываемый через впускное отверстие, как бы промывает полость цилиндра. Впускной клапан закрывается не в н. м. т. такта выпуска, а несколько позднее, когда начнется следующий такт.

Сделано это для улучшения наполнения цилиндра, так как еще некоторое время после начала следующего такта, несмотря на начинающееся повышение давления, напор во впускном трубопроводе будет сохраняться.

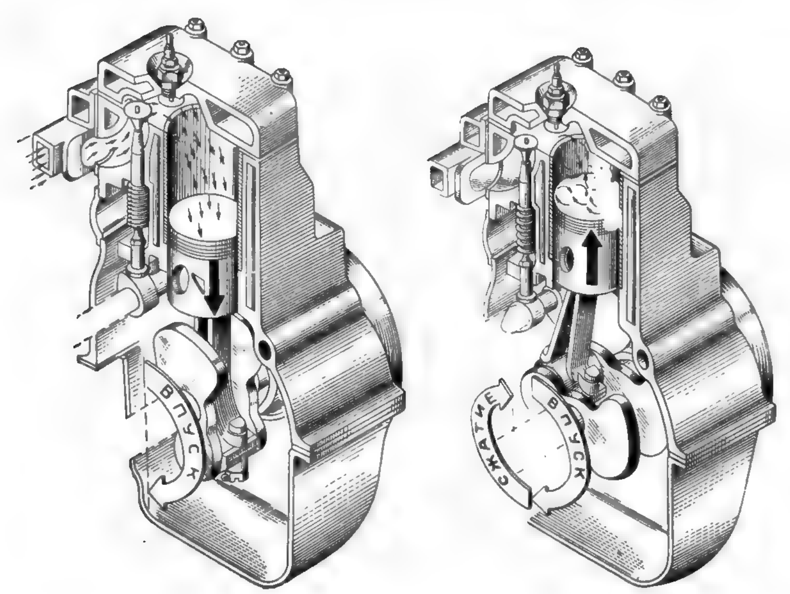


Рис. 4. Такт впуска

Рис. 5. Такт сжатия

Такт сжатия. Степень сжатия

Для того чтобы обеспечить надежное воспламенение горючего и создать благоприятные условия для протекания процесса сгорания, необходимо сжать впущенный свежий заряд. Сжатие повышает температуру заряда и давление. Заряд сжимается поршнем при движении его от нижней мертвой точки к верхней. Этот такт называется *тактом сжатия* (рис. 5).

Когда поршень приходит в верхнюю мертвую точку, он не соприкасается с верхней стенкой, между стенкой и днищем поршня остается некоторое пространство. Пространство это называется *пространством сжатия* (чаще — камерой сжатия или камерой сгорания).

Отношение полного объема цилиндра к объему пространства сжатия называется *степенью сжатия*

двигателя. Это — один из самых существенных факторов, определяющих работу двигателя. Чем больше степень сжатия, тем лучше условия для сгорания горючего в цилиндре. Однако мы ограничены в повышении степени сжатия. При очень большой степени сжатия температура и давление в камере сгорания повышаются настолько, что горючее может воспламениться преждевременно. Преждевременное воспламенение приведет к тому, что мы не сможем правильно использовать выделяющуюся тепловую энергию, двигатель будет терять мощность. Кроме того, слишком высокая степень сжатия у карбюраторных двигателей вызывает чрезвычайно вредное явление — детонацию, сущность и признаки которой описаны в следующей главе.

В существующих карбюраторных двигателях степень сжатия находится в пределах 4—9,5. В двигателях с воспламенением от сжатия она повышена до 15—18.

Воспламенение. Рабочий ход

Воспламенение должно происходить в момент, когда поршень подходит к верхней мертвой точке в такте сжатия. В этом случае наиболее полно используется энергия сгорающего горючего. Однако смесь в цилиндре воспламеняется не в момент пропускания искры или впрыскивания горючего, а спустя какой-то промежуток времени. Этот промежуток времени называется **периодом задержки воспламенения.** Задержка воспламенения наблюдается как в карбюраторных двигателях, так и в двигателях с воспламенением от сжатия, продолжительность ее зависит от сорта горючего, от температуры и давления в цилиндре, от качества перемешивания горючего с воздухом и других факторов. Электрическая искра пропускается заранее для того, чтобы при положении поршня в верхней мертвой точке сгорание заканчивалось и от в. м. т. вниз поршень двигался под давлением газов, образовавшихся при сгорании. Точно так же впрыск горючего в двигателях с воспламенением от сжатия производится заранее, с учетом периода задержки воспламенения.

Воспламененная рабочая смесь сгорает с большой скоростью, вследствие чего давление над поршнем быстро возрастает, достигая предельной величины 45—50 *кг/см²* в карбюраторных двигателях и свыше 100 *кг/см²* в двига-

телях с воспламенением от сжатия. Температура при этом достигает 1600—2000° С.

Образующиеся газы давят на поршень. Давление через шатун передается кривошипу коленчатого вала, вследствие чего коленчатый вал проворачивается (рис. 6). В этом такте происходит превращение тепловой энергии в механическую работу вращения коленчатого вала и связанных с ним механизмов. Вследствие этого часть рабочего цикла, происходящая во время движения поршня от в. м. т. к н. м. т. после воспламенения рабочей смеси, носит название такт рабочего хода.

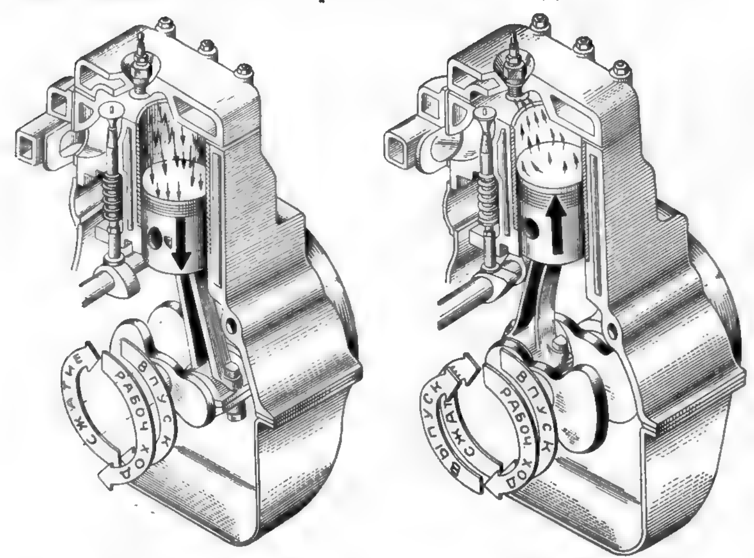


Рис. 6. Такт рабочего хода

Рис. 7. Такт выпуска

Такт выпуска

По окончании рабочего хода, когда газы, появившиеся в результате сгорания рабочей смеси, произвели возможную полезную работу, возникает необходимость освободить от газов полость цилиндра. Эту работу выполняет поршень при движении его от нижней мертвой точки к верхней после окончания рабочего хода. Поршень выталкивает газы наружу через отверстие, открываемое к этому моменту выпускным клапаном. Соответственно и такт этот называют тактом выпуска (рис. 7).

Выталкиваемые из цилиндра газы называются *отработавшими газами*.

Практически выпускной клапан открывается не в момент начала движения поршня вверх после рабочего хода, а несколько раньше, до того, как поршень подойдет к нижней мертвой точке. Закрывается выпускной клапан, когда поршень пройдет некоторое расстояние от в. м. т. в такте впуска. Это делается для лучшей очистки цилиндра от отработавших газов.

Таким образом, в течение некоторого интервала времени оба клапана — впускной (см. выше, такт впуска) и выпускной одновременно находятся в открытом состоянии. Этот интервал времени называется *периодом перекрытия фаз* или *периодом перекрытия клапанов*.

После выпуска отработавших газов весь порядок чередования тактов повторяется вновь.

Четыре такта: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск — составляют рабочий цикл двигателя. Такой цикл называется *четырехтактным циклом*. Четырехтактный рабочий цикл совершается за два оборота коленчатого вала двигателя.

Полезная работа совершается только во время одного такта, в течение остальных трех тактов происходит подготовка процесса сгорания и обеспечивается наиболее выгодное протекание рабочего хода.

ДВУХТАКТНЫЙ РАБОЧИЙ ЦИКЛ

Кроме четырехтактного, существует двухтактный цикл, в котором все описанное происходит за два такта или за один оборот коленчатого вала двигателя (один такт соответствует половине оборота коленчатого вала).

Каждый такт двухтактного цикла совмещает две стадии рабочего процесса, причем здесь нет четко выраженного впуска и выпуска.

На рис. 8 изображена схема одноцилиндрового двухтактного двигателя. В положении *а* поршень под давлением газов, образовавшихся после сгорания рабочей смеси, начал движение от верхней мертвой точки к нижней. Пройдя половину своего хода (или немного больше половины хода), поршень открывает окно в стенке цилиндра,

Зак. 1251

через которое газы устремляются в выпускной трубопровод (положение *б*). Отработавшие газы выходят и давление в цилиндре резко понижается. Иногда вместо выпускного окна в стенке цилиндра устанавливают выпускной клапан в головке. Пройдя еще некоторую незначительную часть хода, поршень открывает еще одно окно в

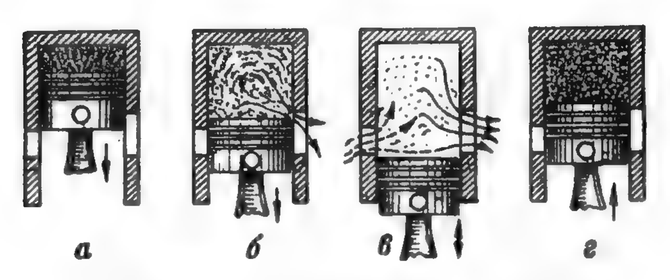
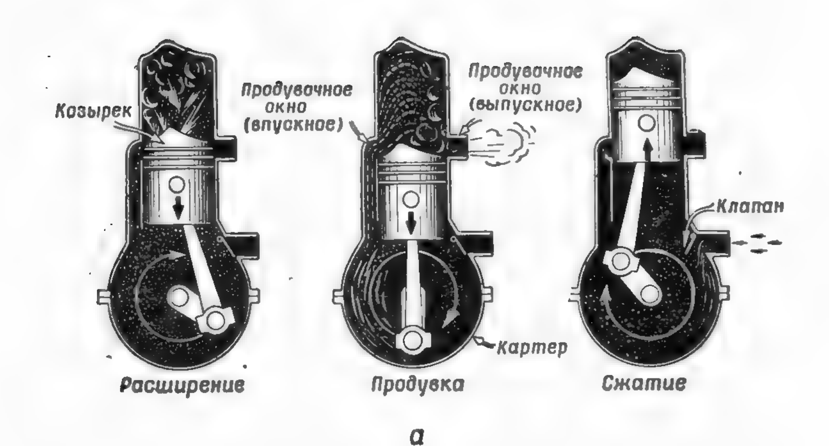


Рис. 8. Схема работы двухтактного двигателя:
а — рабочий ход; *б* и *в* — выпуск и продувка; *г* — сжатие

стенке цилиндра (положение *в*), через которое в цилиндр проникает чистый воздух, сжатый до 1,2—1,5 *кг/см²*. Воздух, как бы подталкивая своим напором отработавшие газы, помогает освободить цилиндр от продуктов сгорания. Соответственно процесс освобождения цилиндра от продуктов сгорания называется п р о д у в к о й.

Продувка продолжается до момента, когда поршень, двигаясь от нижней мертвой точки к верхней, вновь перекроет продувочное и выпускное окна (положение *г*). С этого момента начинается сжатие воздуха или рабочей смеси в цилиндре. Таким образом, продувка обеспечивает, кроме очистки цилиндра от отработавших газов, заполнение цилиндра свежим зарядом. Заметим, что для обеспечения работы двигателя по двухтактному циклу необходимо для продувки подавать в цилиндр сжатый воздух. Сжатый воздух можно получить в герметизированном картере при движении поршня к нижней мертвой точке (рис. 9) или посредством установленного на двигателе специального нагнетателя с приводом от коленчатого вала. Первый способ носит название к р и в о ш и п н о-к а м е р н о й п р о д у в к и и пригоден лишь для одноцилиндровых двигателей небольшой мощности.



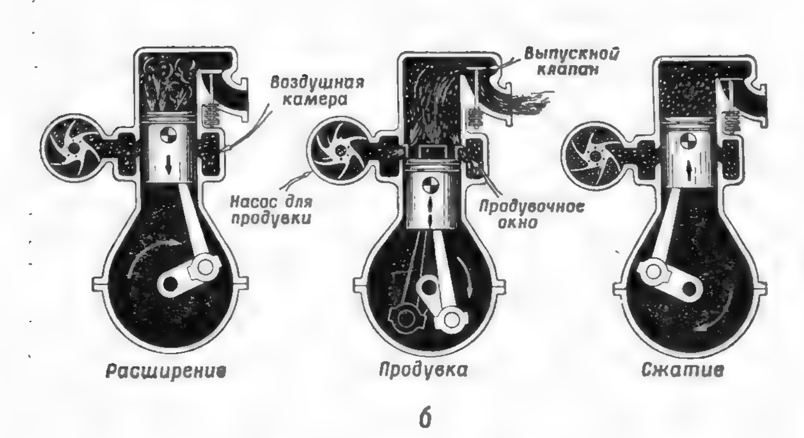


Рис. 9. Способы продувки:
а — кривошипно-камерная; *б* — продувка с нагнетателем

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДВУХТАКТНОГО ЦИКЛА

Сравнивая двухтактный цикл с четырехтактным, можно сделать вывод, что в двигателях выгоднее применять двухтактный цикл. При двухтактном цикле исключается два хода поршня, в течение которых не только не производится полезная работа, но, наоборот, затрачивается часть энергии на их осуществление.

Казалось бы, что мощность двигателя при этом должна повыситься вдвое, так как за равное число оборотов (или за равное время) при двухтактном цикле сгорает вдвое больше горючего. Однако это не совсем так. В двигателе, работающем по двухтактному циклу, часть тепловой энергии тратится непроизводительно (расширение рабочих газов используется не в полной мере, затрачивается большое количество воздуха на продувку, часть мощности затрачивается на сжатие воздуха, для продувки и т. д.). Мощность двухтактного двигателя практически повышена по сравнению с четырехтактным в 1,5—1,7 раза. Это — одно достоинство двухтактного двигателя, другое достоинство двигателя — более равномерный ход.

Следует отметить, что двухтактный рабочий цикл рационально применять только при условии введения горючего в сжатый в цилиндре воздух. Если же вводить в цилиндр приготовленную горючую смесь, то неизбежны большие потери ее при продувке. Вследствие этого все карбюраторные двигатели работают по четырехтактному циклу. Исключение составляет лишь незначительное число малых одноцилиндровых двигателей мотоциклетного типа.

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЯ

Кривошипно-шатунный механизм

Рассмотрим, как устроен современный поршневой двигатель внутреннего сгорания и как конструктивно обеспечивается каждый такт его рабочего цикла.

Тепловая энергия, выделяющаяся при сгорании горючего, проявляется в повышении температуры и давления газов в цилиндре двигателя. Сила действия газов должна быть превращена в механическую работу. Для того чтобы преобразовать работу расширяющихся газов в механиче-

скую работу, служит **кривошипно-шатунный механизм** (рис. 10).

К кривошипно-шатунному механизму относятся: цилиндр (цилиндры, если двигатель многоцилиндровый), поршень (поршни), шатун (шатуны) и коленчатый вал с маховиком.

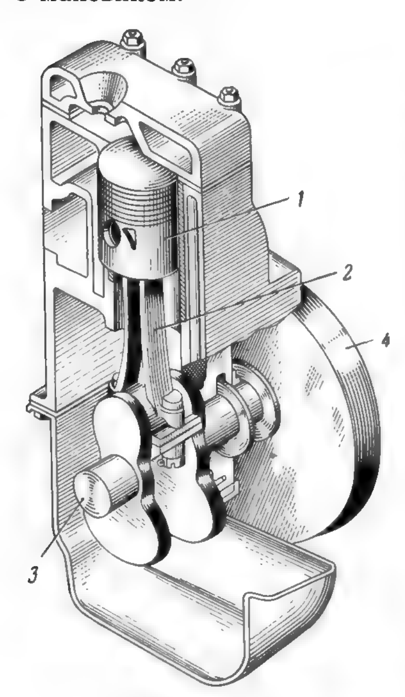


Рис. 10. Кривошипно-шатунный механизм:

1 — поршень; *2* — шатун; *3* — коленчатый вал; *4* — маховик

Цилиндр

Все главные процессы происходят в основном в цилиндре двигателя. Цилиндр представляет собой открытую с обеих сторон трубу. Внутренняя поверхность цилиндра тщательно обработана, имеет правильную форму и зеркально гладкую поверхность, благодаря чему обеспечивается нормальное движение поршня в цилиндре и значительно сокращаются потери на трение.

Наружная поверхность цилиндра делается с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить нормальное охлаждение цилиндра. Так, при воздушном охлаждении наружная поверхность цилиндра делается ребристой, при жидкостном охлаждении предусматривается, чтобы цилиндр соприкасался с охлаждающей жидкостью большей частью наружной поверхности. Цилиндр может быть обработан или в самом теле двигателя или запрессован в тело в виде гильзы (рис. 11). Последнее конструктивное решение более удобно и выгодно, так как допускает применение для гильзы более высококачественного металла, дает возможность лучше обработать гильзу и облегчает быстрое восстановление изношенного цилиндра — достаточно лишь

заменить гильзу. Для правильной установки гильзы в корпусе ее тщательно обрабатывают с тем, чтобы не допустить перекосов гильзы и обеспечить необходимую плотность ее в посадочных местах.

В цилиндрах (гильзах) двухтактных двигателей делают одно — два окна или щели для обеспечения продувки двигателя.

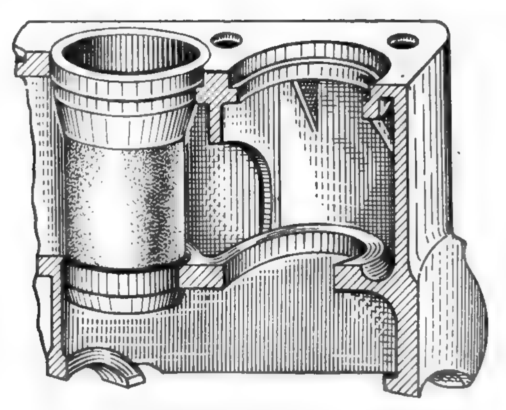


Рис. 11. Установка гильзы в блоке цилиндров

Сверху цилиндр плотно закрыт головкой. В головке обработано углубление, которое при выходе поршня в верхнюю мертвую точку образует пространство сгорания. Иногда такое углубление делается и в поршне. Для предотвращения прорыва газов из цилиндра между головкой и цилиндром ставится прокладка. Головка, так же как и цилиндр, должна охлаждаться. При воздушном охлаждении наружная поверхность головки имеет ребра, при жидкостном — рубашку охлаждения, в которую жидкость, омывающая цилиндр, проходит через специальные перепускные отверстия.

Поршневая группа

К поршневой группе относятся поршень, поршневые кольца и поршневой палец.

Поршень является той деталью, которая воспринимает энергию расширяющихся газов, превращая ее в работу (механическое возвратно-поступательное движение).

Условия работы поршня тяжелые: с одной стороны, он подвержен воздействию высокой температуры от сгорающей рабочей смеси, с другой — в течение минуты он должен переместиться несколько тысяч раз из одной мертвой точки в другую. Эти условия предопределяют конструктивное оформление поршня.

Поршень представляет собой стакан (рис. 12). К головке цилиндра поршень обращен днищем. Днище

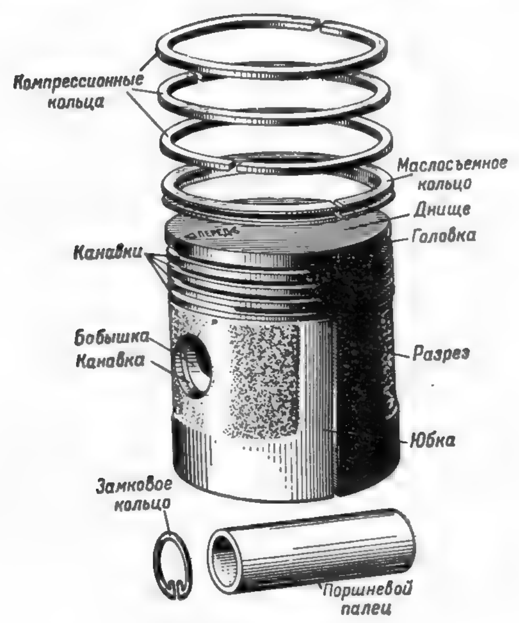


Рис. 12. Поршень

поршня вместе с уплотняющей боковой поверхностью называется головкой поршня, а направляющая боковая поверхность — юбкой. Обычно поршни изготовляют из алюминиевых сплавов. Алюминиевые поршни обладают хорошей теплопроводностью, значит, тепло, получаемое от горящей рабочей смеси, может легко отводиться от головки поршня к другим деталям, в первую очередь к стенкам цилиндра и далее в охлаждающую жидкость. Таким образом, высокая температура не может вызвать разрушения или прогорания поршня. Кроме того, пор-

шень из алюминиевого сплава значительно легче поршня из чугуна. Вес поршня имеет большое значение, если учесть большую скорость движения поршня в цилиндре и соответственно возникающие при этом большие усилия. Однако ряд двигателей работает с чугунными поршнями; преимущественно это тихоходные стационарные двигатели и двигатели устаревшей конструкции.

Диаметр поршня всегда несколько меньше диаметра цилиндра. Вследствие этого поверхности поршня и цилиндра не соприкасаются. Соприкосновение поверхностей вызвало бы большие потери энергии на трение поршня о стенки цилиндра, нагрев поршня до высокой температуры, быстрый износ поверхности поршня, нарушение плотности и проникновение газов в значительном количестве в подпоршневое пространство (в картер двигателя). Кроме того, вследствие различных величин температурного расширения материалов поршня и цилиндра при перегреве поршня возможно заклинивание его в цилиндре (алюминий расширяется при нагревании больше, чем чугун или сталь). Как же достигается уплотнение цилиндра? Для этого предназначены упругие кольца, устанавливаемые на поршне. Изготовляют поршневые кольца обычно из чугуна. Эти кольца рассчитаны и обработаны так, что при установке поршня с кольцами в цилиндр они принимают форму цилиндра, соприкасаясь своей боковой поверхностью со стенкой цилиндра.

В поршне сделаны канавки для колец. В канавках кольца могут перемещаться только в боковом направлении. На поршень ставится от двух до пяти колец.

Таким образом, поршень связан с цилиндром не непосредственно, а через поршневые кольца, что исключает излишние потери на трение, значительно уменьшает износ поршней и предотвращает прорыв газов из надпоршневого пространства в картер двигателя.

Кольца, обеспечивающие уплотнение цилиндра, называют *компрессионными кольцами*. Кроме компрессионных колец, на поршень ставят еще одно — два кольца, которые называются *маслосборными*. Назначение маслосборных колец — удалять излишнюю смазку с зеркала цилиндра и равномерно распределять ее на зеркале. Помимо собирания масла со стенок, маслосборные кольца выполняют также и уплотнительные функции.

Наружную поверхность днища поршня делают плоской у двигателей с принудительным зажиганием и внешним смесеобразованием и фигурной — у двигателей с воспламенением от сжатия, с впрыском топлива. Фигурная поверхность днища (рис. 13) должна обеспечивать

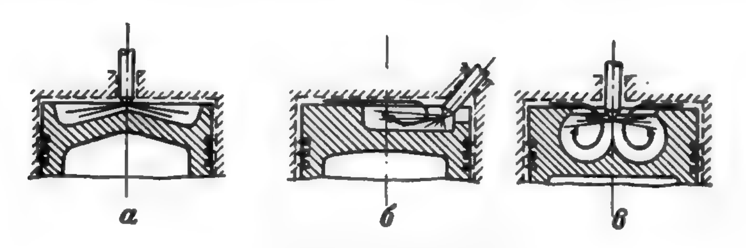


Рис. 13. Формы днища поршней

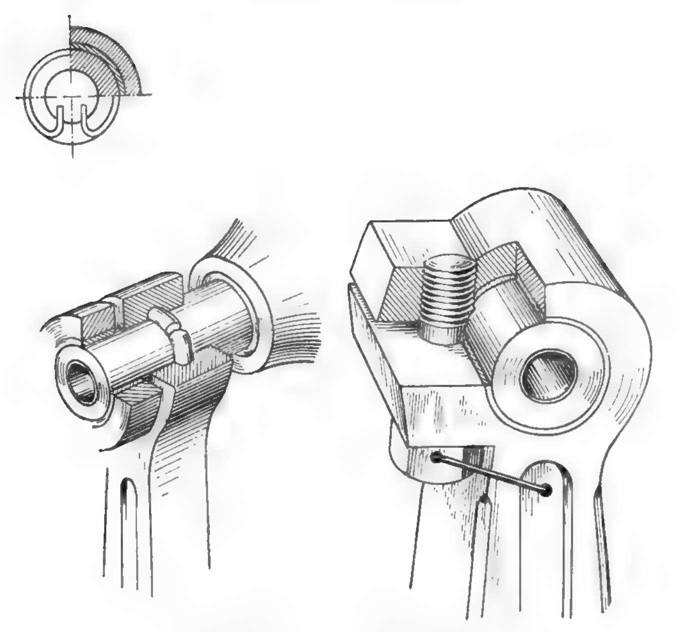


Рис. 14. Крепление поршневого пальца

при движении поршня завихрение воздуха, необходимое для более равномерного распределения в воздухе впрыскиваемого топлива.

В поршне крепится верхняя головка шатуна, с помощью которого он соединен с кривошипом коленчатого вала. Это крепление осуществляется поршневым пальцем. Для установки пальца на внутренней поверхности поршня (ниже последней поршневой канавки под компрессионные кольца) делаются два прилива на противоположных сторонах. Приливы рассверливаются по диаметру пальца или по наружному диаметру втулки, если палец сажается во втулки. Приливы, в которых устанавливается палец, называются бобышками поршня.

Крепление пальца в поршне может быть подвижным или неподвижным. Чаще крепление обеспечивает пальцу свободное перемещение (незначительное) в продольном и круговом направлениях. Такой палец называется плавающим. В верхней головке шатуна палец может быть застопорен от продольного перемещения или оставаться свободным. На рис. 14 изображены способы крепления пальца в поршне и верхней головке шатуна.

Шатун

Шатун (рис. 15) связывает поршень с коленчатым валом. Он, так же как и поршень, представляет собой тяжело нагруженную деталь, работающую попеременно на сжатие и на растяжение. Шатун — это жесткий стержень с двумя головками — поршневой и кривошипной. Чаще эти головки называют соответственно верхней и нижней. Стержень (тело шатуна) может быть разнообразного сечения, обычно он вытянут в направлении, перпендикулярном кривошипной шейке или поршневому пальцу. Верхней головкой шатун связан с поршневым пальцем. Верхняя головка большей частью неразъемная, в нее запрессовывается бронзовая или латунная втулка для уменьшения трения между пальцем и головкой. Для некоторых двигателей, особенно для стационарных двигателей большой мощности, верхняя головка выполняется разрезной. В этом случае в головку вставляется втулка или внутренняя поверхность головки заливается антифрикционным сплавом [1]. Наиболее употребительные антифрикционные сплавы для двигателей — баббиты (оловя-

[1] Антифрикционным сплавом называется металлический сплав, наносимый на трущиеся поверхности и уменьшающий силы трения.

нистая основа со свинцом и сурьмой), бондраты (свинцовистая основа с сурьмой, никелем, кадмием и другими составными частями) и свинцовистые бронзы.

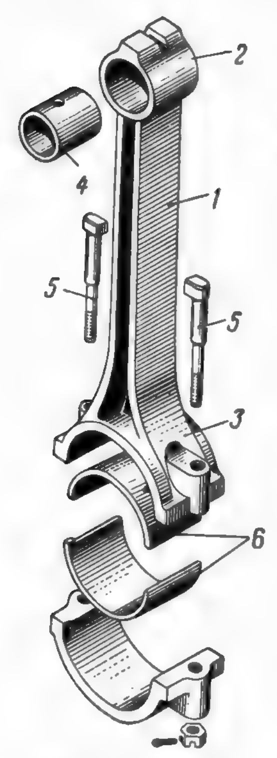
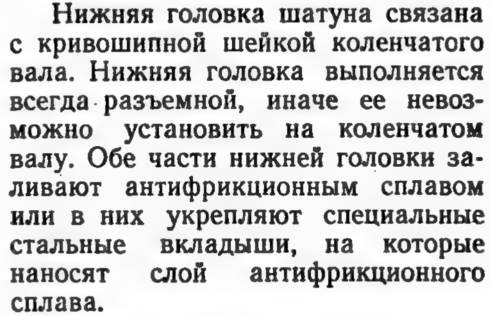


Рис. 15. Шатун:
1 — тело шатуна; *2* — верхняя головка; *3* — нижняя головка; *4* — втулка верхней головки; *5* — стяжные болты нижней головки; *6* — вкладыши



Нижняя головка шатуна связана с кривошипной шейкой коленчатого вала. Нижняя головка выполняется всегда разъемной, иначе ее невозможно установить на коленчатом валу. Обе части нижней головки заливают антифрикционным сплавом или в них укрепляют специальные стальные вкладыши, на которые наносят слой антифрикционного сплава.

Нижняя головка с залитым антифрикционным сплавом должна быть расточена и отшлифована строго по размеру шейки коленчатого вала. Вкладыши, которые легко заменить, также обрабатываются строго по размеру с минимальными допусками. В теле шатуна часто делают сверления (вдоль всего стержня) для подачи смазки к верхней головке. В двигателях, не имеющих принудительной смазки, для разбрызгивания масла, залитого в картер, на крышках нижних головок делают черпачки. Шатуны штампуются из высококачественной стали. Для двигателей большой мощности шатуны обрабатываются из высококачественных стальных поковок.

В двухрядных двигателях два цилиндра, расположенные друг против друга, работают на один кривошип коленчатого вала. В этом случае один из шатунов чаще всего делается прицепным, и его нижняя головка не охватывает шейку коленчатого вала, а прицепляется к главному шатуну (рис. 16). На звездообразных двигателях, широко применявшихся в авиации, только один шатун

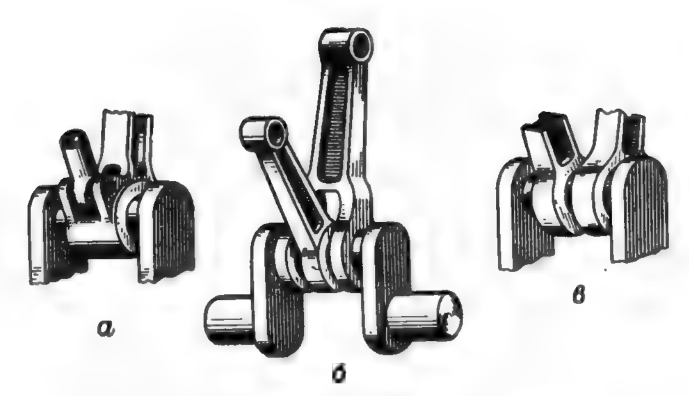


Рис. 16. Схемы шатунов V-образных двигателей:
а — сочлененные шатуны; *б* — центральные шатуны; *в* — смещенные шатуны

является главным, а все остальные — прицепные и устанавливаются на пальцах, расположенных по окружности кривошипной головки (рис. 17).

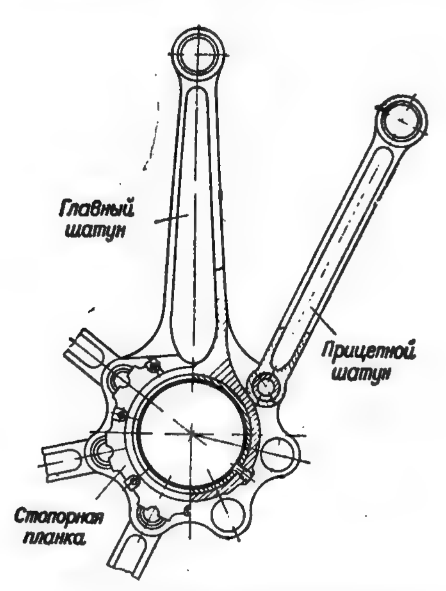


Рис. 17. Шатун звездообразного двигателя

Коленчатый вал

Самой ответственной деталью двигателя следует считать коленчатый вал. Он воспринимает через шатун все нагрузки, действующие на поршень.

Коленчатый вал обрабатывается из одной целой поковки из высококачественной стали, иногда изготовляется путем отливки. У коленчатого вала имеются опорные шейки, кривошипные шейки, щеки, противовесы и носок (рис. 18).

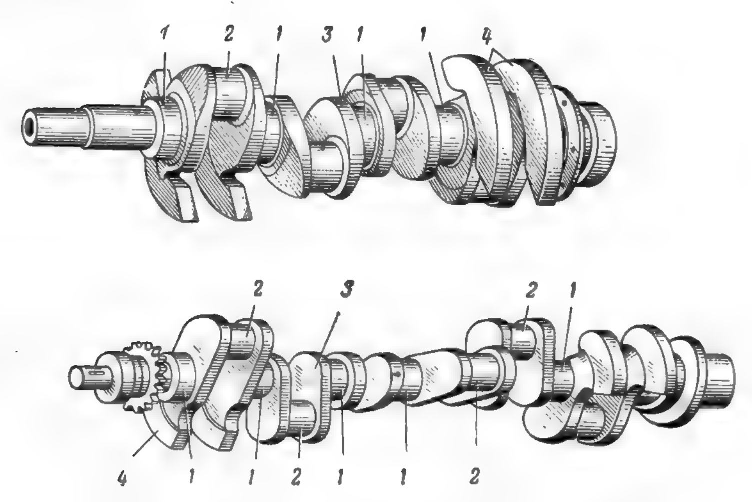


Рис. 18. Формы коленчатых валов двигателей:
1 — коренные шейки; *2* — шатунные шейки; *3* — щеки; *4* — противовесы

Опорные шейки, называемые коренными, находятся в одной плоскости и имеют общую продольную ось. На этих шейках вал покоится в опорах — подшипниках. Коренные шейки несут очень большую нагрузку. Так как они должны быть прочными, диаметр и длина их увеличены.

Кривошипные шейки, называемые иначе шатунными, служат для связи коленчатого вала с шатунами. Кривошипные шейки многоцилиндровых двигателей расположены в двух перпендикулярных плоскостях или в трех плоскостях, пересекающихся под углом в 120°.

Как коренные, так и шатунные шейки обрабатывают с предельной чистотой и точностью, чтобы в максимальной степени уменьшить трение и износ.

Количество шатунных шеек соответствует числу цилиндров, расположенных в одном ряду. Число коренных шеек зависит от конструкции двигателя, порядка его работы и нагрузок. Чаще коренных шеек на одну больше, чем шатунных.

Щеки служат связями между двумя смежными шейками. Щеки должны быть достаточно прочными, чтобы противостоять силе, передаваемой шатуном и стремящейся изменить положение шатунной шейки относительно коренной.

Противовесы делаются для того, чтобы уравновесить центробежные силы, возникающие при вращении коленчатого вала, облегчить движение поршней от нижних мертвых точек. Конструктивно они представляют собой продолжение щек в сторону, противоположную шатунной шейке. Во многих случаях противовесы ставят только на концах коленчатого вала.

Носком коленчатого вала называют выступающий из картера конец вала, приспособленный для установки на нем ведущего элемента последующей силовой передачи.

На носке коленчатого вала установлен маховик. Маховиком называется диск, обладающий большой массой. Маховик предназначен для того, чтобы накапливать энергию во время рабочего хода, выводить поршни из мертвых точек и обеспечивать безостановочное протекание остальных тактов. Маховик особенно важен для малоцилиндровых двигателей, так как он выравнивает ход коленчатого вала, сглаживая толчки, создаваемые быстрым нарастанием давления в цилиндре в начале рабочих тактов. Отсутствие маховика приводит к работе двигателя рывками. На выступающем носке коленчатого вала автомобильного двигателя устанавливается храповик для ручного запуска двигателя.

Коленчатый вал делается часто пустотелым для облегчения веса и для того, чтобы можно было подавать масло прямо внутрь вала, а оттуда через сверления в шейках подводить его к трущимся поверхностям. В большинстве же случаев параллельно валу проходит масляная магистраль, от которой масло поступает к коренным шейкам, а оттуда по сверлениям в щеках — к шатунным (рис. 19).

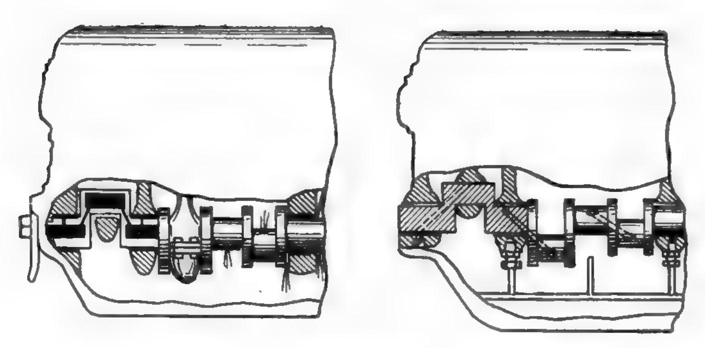


Рис. 19. Подача масла к шейкам

Механизм газораспределения

Важным механизмом двигателя является механизм газораспределения. Механизм газораспределения предназначен для своевременного открытия и закрытия клапанов, с помощью которых цилиндры сообщаются с выпускным и впускным трубопроводами. Механизм газораспределения (рис. 20) состоит из клапанов, клапанных пружин, рычажного привода к клапанам, кулачковых валов с опорами.

Механизм газораспределения располагают на двигателе так, чтобы получить наиболее удобный привод от коленчатого вала и в то же время не увеличивать общие размеры двигателя. Клапаны расположены или в отдельной клапанной коробке, примыкающей вплотную к впускному и выпускному трубопроводам, или в головке цилиндра. В первом случае привод клапанов получается конструктивно проще. Во втором случае приходится ставить так называемые подвесные клапаны. Тарель клапана находится внутри камеры сгорания, а стержень выведен вверх. Подвесные клапаны имеют преимущество в том, что поток горючей смеси или воздуха попадает непосредственно в цилиндр, тогда как при клапанах, расположенных вне цилиндра, поток встречает лишние повороты и дополнительный путь. Каждый поворот впускного тракта создает дополнительное сопротивление, поэтому из-за повышения сопротивления происходит недостаточное наполнение цилиндра свежим зарядом воздуха (в дизелях) или горючей смесью (в карбюраторных двигате-

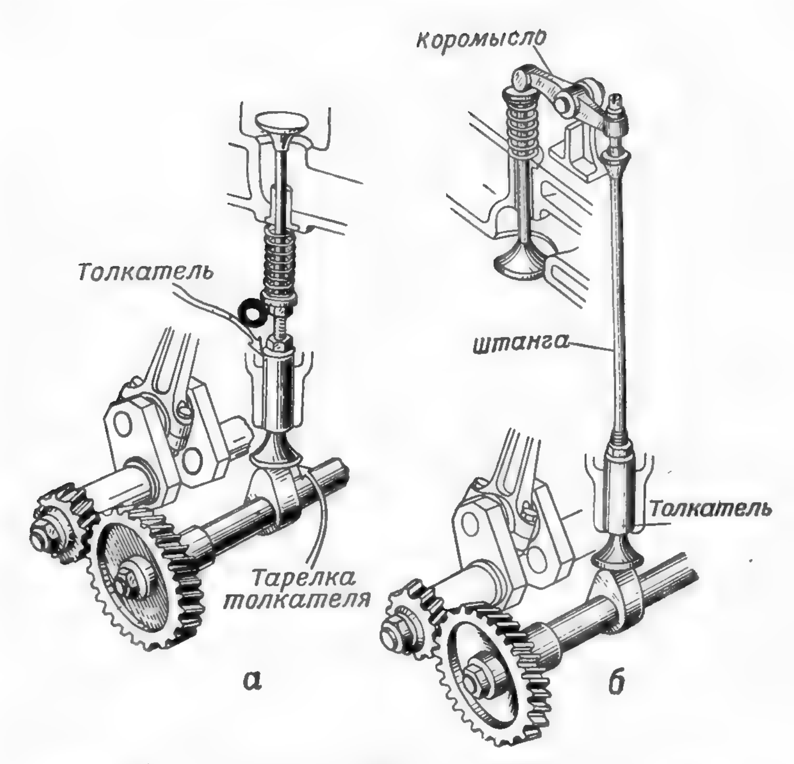


Рис. 20. Привод механизма газораспределения:
а — при нижнем расположении клапанов; *б* — при верхнем расположении клапанов (подвесные клапаны)

лях). Кроме того, подвесные клапаны требуют более сложного привода и создают опасность «проваливания» клапана в цилиндр при поломке пружины или стержня.

Клапаны

Клапан (рис. 21) представляет собой грибовидную деталь с удлиненной ножкой. Тарель клапана имеет чисто обработанный посадочный поясок с наклоном в 30° или 45° относительно горизонтальной плоскости. Ширина пояска колеблется в пределах 3,5—6 *мм*. Посадочным пояском клапан садится в седло и герметически закрывает проход в цилиндр. Для обеспечения герметичности каждый клапан притирается к своему седлу. Стержень клапана на конце обрабатывается для посадки упорной та-

рели пружины. Так как клапаны, а особенно выпускной, работают при очень высокой температуре (до 1500° С), то их приходится изготавливать из высококачественной жароупорной стали. Чаще других употребляется так называемая сильхромовая сталь. Кроме того, в тяжелонагруженных быстроходных двигателях выпускные клапаны делаются полыми и в полости вводится охлаждающая смесь. Таким способом клапан предохраняется от перегрева и прогорания.

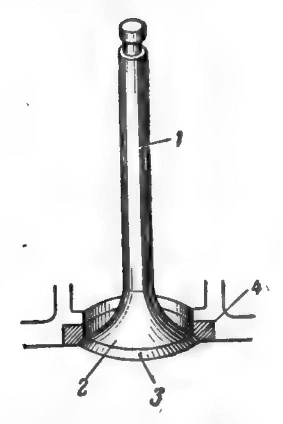


Рис. 21. Клапан:
1 — стержень; 2 — тарель; 3 — посадочный поясок; 4 — седло

Открывается и закрывается клапан в строго определенный момент в зависимости от конструктивных данных двигателя.

Распределительный вал

Клапаны приводятся в действие с помощью распределительного вала. Вал изготовляется из стали. Расположен он параллельно коленчатому валу, в действие приводится от коленчатого вала с помощью шестерен. На валу обрабатывается кулачок для каждого клапана (рис. 22). Момент открытия и закрытия клапана определяется профилем кулачка. Так как каждый клапан за время одного цикла открывается только один раз и

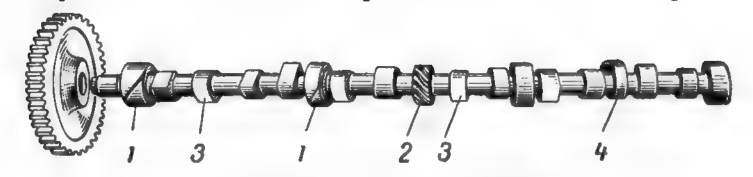


Рис. 22. Распределительный (кулачковый) вал:
1 — опорные шейки; 2 — шестерня привода масляного насоса; 3 — кулачки; 4 — эксцентрик привода бензинового насоса

остается открытым менее половины цикла, число оборотов кулачкового вала должно быть вдвое меньше числа оборотов коленчатого вала. Кулачковый вал покоится в 3—5 опорах. Так как вал вращается в скользящих подшипниках (втулках), опорные поверхности чисто обрабатываются.

Толкатели, штанги, коромысла

Кулачок при вращении распределительного вала набегает на толкатель и заставляет его продвигаться вверх в направляющей втулке, поставленной в корпусе (блоке) двигателя. Толкатель в большинстве случаев непосредственно воздействует на торец стержня клапана, заставляет клапан подниматься и открывать отверстие. Для того чтобы поверхность толкателя, соприкасающаяся с кулачком, меньше изнашивалась, толкатель смещают относительно кулачка; при этом каждое соприкосновение кулачка с толкателем заставляет толкатель, кроме движения вверх, совершить еще поворот на некоторый угол вокруг своей оси. Иногда в дно толкателя ставят ролик на оси. Ролик, проворачиваясь в момент набегания кулачка, предотвращает неравномерный износ. Часто между толкателем и клапаном устанавливают промежуточные звенья — штанги и коромысла. Штанги применяются при большом расстоянии между распределительным валом и клапаном. В случае установки подвесных клапанов, кроме штанги, необходимо еще коромысло (рис. 20, *б*). Коромысло представляет собой двуплечий рычаг, устанавливаемый на специальной стойке. На одно плечо коромысла воздействует штанга толкателя, другое плечо в этот момент, нажимая на торец стержня клапана, открывает клапан. На каждом клапане устанавливается одна, а иногда и две (особенно в двигателях с подвесными клапанами) пружины. Назначение пружин — возвращать клапан в седло, как только прекратится воздействие кулачка на толкатель. Пружины имеют незначительное предварительное поджатие, обеспечивающее возможно более плотное прилегание клапана к седлу.

В некоторых двигателях кулачки воздействуют непосредственно на клапаны, для чего на конце стержня клапана установлены плоские тарели (диски).

В мощных двигателях для увеличения проходного сечения для воздуха и газов устанавливается по два впускных и выпускных клапана.

ОБЩЕЕ КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

Общее конструктивное оформление двигателей внутреннего сгорания чрезвычайно разнообразно. Конструкция, размеры, расположение основных механизмов зави-

сят в первую очередь от назначения двигателя — стационарный, транспортный, судовой и т. д. У двигателей транспортных и боевых машин большую роль играют также габариты (предельные размеры — длина, ширина, высота) и вес двигателя. Большинство двигателей многоцилиндровые, но бывают двигатели и с одним цилиндром. Число цилиндров в многоцилиндровом двигателе удобно иметь кратным четырем или шести, иначе бывает затруднительно организовать правильное чередование тактов. Исключение составляют звездообразные авиационные двигатели, о которых будет сказано ниже.

Любой двигатель внутреннего сгорания состоит обязательно из корпуса (блока цилиндров), головки цилиндров и картера (рис. 23). Как правило, для удобства монтажа и демонтажа двигателя головка и корпус, верхняя и нижняя половины картера — разъемные.

У одноцилиндрового двигателя цилиндр обычно расположен вертикально, в редких случаях — горизонтально. В многоцилиндровых двигателях цилиндры, как правило, находятся в одном корпусе, который называется *блоком цилиндров*. Очень редко цилиндры многоцилиндрового двигателя расположены отдельно друг от друга.

Блок цилиндров. Виды расположения цилиндров

Блок цилиндров отливают вместе с верхней половиной картера, в перегородках которой устраивают опоры коленчатого вала со съемными крышками. Внутри опор установлены вкладыши со слоем антифрикционного сплава. К крышкам опор коленчатого вала подводится под давлением масло из масляной магистрали, если не предусмотрен подвод масла изнутри, по пустотелому коленчатому валу. Нижняя половина картера не воспринимает на себя никаких нагрузок, она предназначена для помещения в ней масла. Она, как правило, штампуется из тонкого стального листа и подвешивается к верхней половине в виде поддона.

У всех цилиндров, если они не разделены, общая головка. Материалом блока цилиндров и головки служит обычно чугун, но для двигателей, от которых требуется предельно малый вес, выбирают легкий и прочный алюминиевый или магниевый сплав.

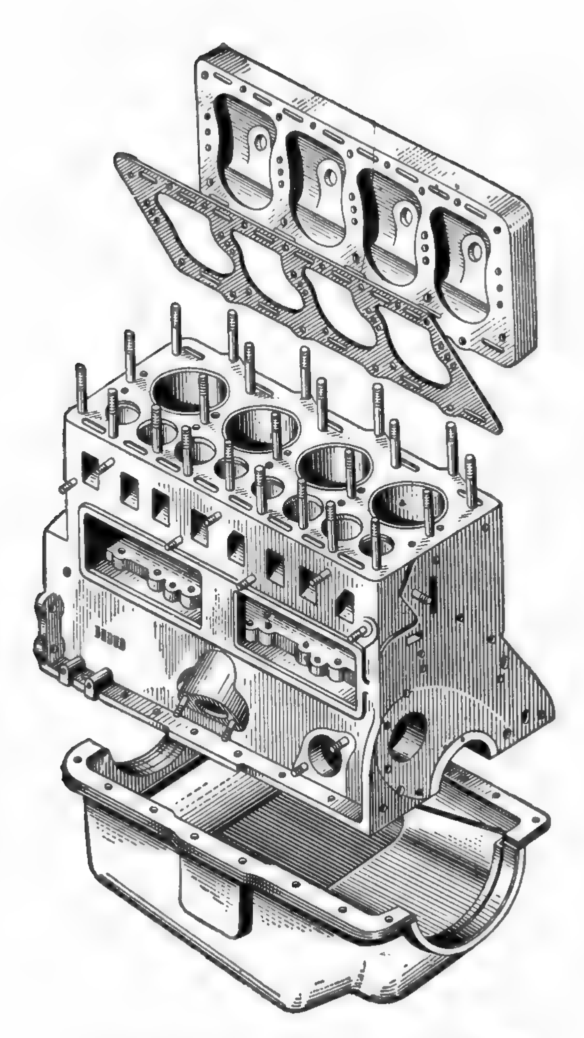


Рис. 23. Блок, картер и головка цилиндров с прокладкой

Из многоцилиндровых двигателей наиболее распространен вертикальный двигатель с расположением цилиндров в один ряд. У такого двигателя предельное число цилиндров равно 8. Дальнейшее увеличение числа цилиндров вызывает необходимость их двухрядного расположения из-за слишком большой длины двигателя и соответственно коленчатого вала и ряда других деталей. Чрезмерная же длина валов сильно уменьшает их прочность и создает неудобства в обслуживании.

При двухрядном расположении цилиндров (рис. 24) чаще встречается V-образная форма с углом развала

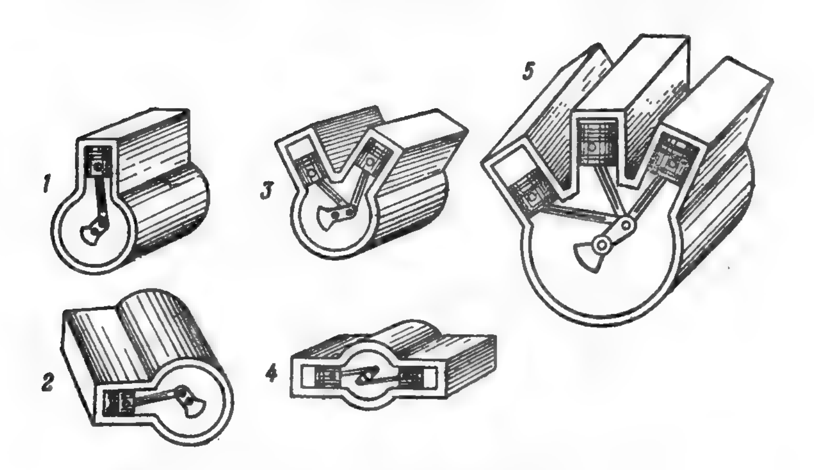


Рис. 24. Виды двигателей по расположению цилиндров: *1* — однорядный вертикальный; *2* — однорядный горизонтальный; *3* — двухрядный *V*-образный; *4* — двухрядный оппозитный; *5* — трехрядный W— образный

групп цилиндров в 30, 45 или 60°. В некоторых двигателях угол развала цилиндров 180°, то есть цилиндры расположены горизонтально и направлены головками в противоположные стороны. Значительно реже встречаются двигатели V-образной формы, но перевернутые так, что коленчатый вал расположен сверху. Были созданы также двигатели, имеющие форму W. У таких двигателей в развале между двумя наклонными блоками устанавливался еще один блок — вертикальный. Каждый шатун в этих двигателях работал с двумя прицепными.

В особую группу следует выделить авиационные звездообразные двигатели (рис. 25), цилиндры которых расположены вокруг коленчатого вала в один или два ряда. В каждом ряду звездообразного двигателя подбирают нечетное число цилиндров.

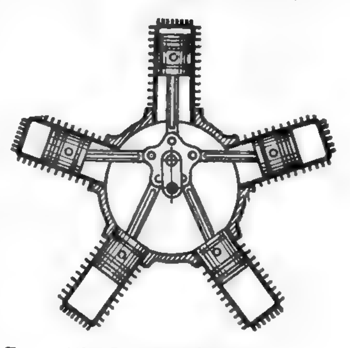


Рис. 25. Звездообразный двигатель

Порядок работы двигателя

Последовательность чередования рабочих ходов в цилиндрах имеет важное значение для равномерной работы двигателя. Рабочий ход должен происходить в цилиндрах через равные промежутки времени (или через равные углы поворота коленчатого вала). Для четырехтактного двигателя угол поворота коленчатого вала, через который следует рабочий ход в одном из цилиндров двигателя, равен $\frac{720}{i}$, где 720 — число градусов поворота коленчатого вала (два полных оборота), i — число цилиндров двигателя.

Последовательность чередования рабочих ходов называется порядком работы двигателя.

Порядок работы двигателя определяется числом и расположением цилиндров и конструкцией коленчатого вала. В свою очередь принятый порядок работы определяет устройство и работу механизма газораспределения.

Рассмотрим порядок работы наиболее распространенных двигателей. Желательно, чтобы рабочий ход не происходил последовательно в двух смежных цилиндрах. Это вызвало бы очень большую нагрузку на соответствующую коренную шейку коленчатого вала и могло бы привести к разрушению коренных подшипников и даже коленчатого вала, особенно если двигатель имеет шесть и более цилиндров.

У коленчатого вала, изображенного на рис. 26, *1*, шатунные шейки расположены попарно под углом 180°. Отсюда, когда первый и четвертый поршни движутся к нижней мертвой точке, то второй и третий поршни движутся к верхней мертвой точке. Очевидно, если в первом

цилиндре происходит рабочий ход, то одновременно в четвертом должен происходить впуск, а во втором и третьем цилиндрах или сжатие или выпуск. Таким образом, следующий рабочий ход может произойти или во втором или в третьем цилиндре, затем в четвертом, и, на-

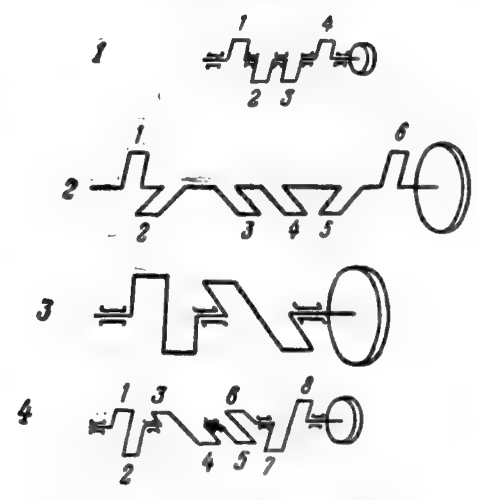


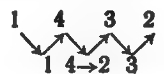
Рис. 26. Схемы коленчатых валов:
1 — четырехцилиндровый; *2* — шестицилиндровый; *3* — восьмицилиндровый V-образный; *4* — восьмицилиндровый однорядный

конец, — во втором или третьем цилиндре. Значит, порядок работы четырехцилиндрового двигателя будет следующий: 1—2—4—3 или 1—3—4—2. На карбюраторных двигателях, выпускаемых нашей промышленностью, принят порядок работы 1—2—4—3.

Шейки коленчатого вала шестицилиндрового двигагателя располагаются также попарно, но угол развала между парами шеек составляет 120° (рис. 26, *2*). У шестицилиндрового двигателя может быть несколько вариантов порядка работы. Наиболее целесообразным признается порядок: 1—5—3—6—2—4.

Порядок работы двухрядных V-образных двигателей представляет собой несколько сдвинутые порядки работы каждого ряда. Рассмотрим порядок работы V-образного восьмицилиндрового двигателя. Обычно шатунные шейки коленчатого вала расположены друг к другу под углом

90°, образуется так называемый крестообразный вал (рис. 26, *3*). Каждая шейка, как было указано выше, работает на два шатуна, а блоки расположены под углом 90°. Отсюда каждый поршень одного ряда приходит в верхнюю мертвую точку на 90° раньше поршня соответствующего цилиндра второго ряда. Следовательно, рабочий ход в цилиндрах второго ряда будет совершаться после рабочего хода в соответствующих цилиндрах первого ряда через интервал, равный 90° поворота коленчатого вала. Порядок работы в этом случае будет



Как видно из графика порядка работы, в каждой группе приходится допускать рабочий ход в двух цилиндрах с интервалом в 90° (во втором — первом в верхнем ряду и в четвертом — втором в нижнем ряду).

В двенадцатицилиндровом двигателе порядок работы в большинстве случаев принят такой



Каждый последующий рабочий ход начинается через 60° угла поворота коленчатого вала от начала предыдущего. Таким образом, в каждый момент мы можем наблюдать рабочий ход в трех цилиндрах одновременно, но в разных стадиях — первый только начинается, второй — в середине хода, а третий — близок к окончанию.

В трехрядных двигателях возможных вариантов порядка работы может быть еще больше, но эти двигатели встречаются чрезвычайно редко, поэтому не будем на них останавливаться.

В звездообразном двигателе цилиндры должны работать через один в направлении вращения коленчатого вала. Это объясняется очень просто. Угол развала между всеми смежными цилиндрами одинаков; он равен $\frac{360°}{i}$.
Для равномерной работы двигателя, так как каждый цилиндр должен иметь рабочий ход через 720° (через два оборота), чередование рабочих ходов должно соответ-

ствовать величине $\frac{720}{i}$, или $2 \cdot \frac{360}{i}$. Отсюда же можно сделать вывод, что в звездообразном двигателе должно быть нечетное число цилиндров. В самом деле, если в двигателе семь цилиндров, то они будут работать в следующем порядке: 1—3—5—7—2—4—6, т. е. цилиндры работают через один равномерно. Если же установлено восемь цилиндров, то порядок работы следующий: 1—3—5—7—8—2—4—5 (или 1—3—5—7—2—4—6—8), т. е. равномерности работы не будет и два цилиндра должны работать подряд, чего не следует допускать. Потому-то в звездообразных двигателях число цилиндров нечетное, как правило, не более 9. Если звездообразный двигатель делается двух- или трехрядным (а такие двигатели имеются), то в каждом ряду ставится обязательно одинаковое и нечетное число цилиндров.

Обороты двигателя

Для оценки двигателя принимаются во внимание число оборотов, мощность и крутящий момент. Все эти три показателя связаны между собой взаимной зависимостью и изменение одного из них влечет неизбежно изменение двух других.

Двигатели внутреннего сгорания работают с различным числом оборотов. Двигатели подразделяются на тихоходные и быстроходные. Тихоходные двигатели развивают до 1000 оборотов в минуту. Это стационарные двигатели (работающие на месте), обладающие большими размерами и обычно большой мощностью.

Быстроходные двигатели работают с числом оборотов от 1000 в минуту и выше. Такое деление двигателей чисто условное, так как быстроходными считаются и двигатели, работающие с числом оборотов 1000 в минуту и двигатели — с числом оборотов 5000—6000 в минуту.

Число оборотов определяется назначением двигателя и его конструкцией. Нельзя делать быстроходным двигатель с массивными деталями (поршнем, шатуном и т. п.), так как в этом случае при работе возникают чрезвычайно большие силы и, соответственно, большие нагрузки на детали, которые могут привести к их разрушению. Чем больше размеры цилиндра, тем меньшее число оборотов нужно задать двигателю.

Автомобильные двигатели, авиационные и двигатели боевых машин делаются всегда быстроходными. Дело в том, что для автомобилей, самолетов, танков и других специальных и боевых машин необходимы двигатели, имеющие ограниченные габариты и возможно малый объем при возможно большей мощности; поэтому и приходится идти по пути увеличения числа оборотов, так как это позволяет сжечь большее количество горючего в единицу времени. Однако обороты можно увеличивать лишь до известного предела. Пределом является опасность разрушения деталей. Резко меняющие направление своего движения поршень и шатун при большой частоте этих изменений подвергаются чрезмерно высоким нагрузкам и разрушаются.

Каждый двигатель наиболее производительно работает в определенном диапазоне оборотов. Этот диапазон называется диапазоном эксплуатационных оборотов двигателя. При работе в этом диапазоне оборотов двигатель развивает наибольшую мощность при наименьшей затрате горючего на каждую единицу мощности.

Работа на оборотах ниже эксплуатационных приводит к снижению мощности и увеличению удельного расхода горючего. Увеличение числа оборотов по сравнению с эксплуатационными до некоторого значения еще повышает мощность двигателя, но на незначительную величину; причем это незначительное увеличение мощности сопровождается повышенным расходом горючего. При дальнейшем увеличении числа оборотов мощность не только не увеличивается, но начинает падать, а удельный расход горючего быстро возрастает. Это обстоятельство находит свое объяснение в том, что с увеличением числа оборотов для данной конструкции двигателя отрезки времени, в течение которых могут протекать процессы, становятся слишком малыми. В результате времени для наполнения цилиндров свежим зарядом горючей смеси или воздуха не хватает, кроме того, за короткое время, приходящееся на рабочий ход, рабочая смесь не успевает сгореть. Часть горючего оказывается неиспользованной и выбрасывается в атмосферу вместе с отработавшими газами. Цилиндры двигателя при недостатке времени не успевают хорошо очиститься от продуктов сгорания во время такта выпуска, вследствие чего снижается качество рабочей смеси. Отсюда следует, что наиболее эффективно двигатель ра-

ботает в диапазоне эксплуатационных оборотов. Эксплуатационные обороты, например, для наших автомобильных двигателей составляют 2400—2500 в минуту (ЗИЛ-120), 2700—2800 в минуту (ГАЗ); 1700—1800 в минуту (танковые двигатели типа В-2).

Мощность двигателя

Что следует понимать под словом мощность? **Мощностью** называют работу, произведенную в единицу времени. А что такое работа?

Под **работой** в механике подразумевается действие силы на определенном участке пути. Под силой здесь необходимо понимать силу сопротивления движению на этом участке пути, так как работа не существует без движения. Сила измеряется в килограммах, а путь — в метрах. Величина работы определяется произведением силы на путь, а единицей измерения в соответствии с исходными величинами является **килограммометр**. Например, для того чтобы передвинуть автомобиль на 10 метров, учитывая, что требуется преодолеть силу сопротивления движению, равную 1,5 тонны, потребуется затратить 15 000 килограммометров работы. Это количество работы не зависит от того, сколько времени будет затрачено на передвижение — одна минута, один час или одни сутки. Но в каждую секунду затрачивается различное количество работы: в первом случае 250 килограммометров в секунду, во втором случае — 4,2 килограммометра в секунду, а в третьем — 0,175 килограммометра в секунду. Отсюда видно, что в первом случае мы должны затратить самую бо́льшую мощность, а в третьем — самую меньшую.

Мощность двигателя обычно измеряется в **лошадиных силах**. Одна лошадиная сила представляет собой такую мощность, при которой производится 75 килограммометров (сокращенно *кгм*) работы в одну секунду. Обозначается лошадиная сила условно *л. с.*

Таким образом, для первого случая в нашем примере необходима мощность в 3,3 *л. с.*, для второго — 0,06 *л. с.*, а для третьего — 0,002 *л. с.*

Мощность, развиваемая двигателем, зависит от ряда факторов: во-первых, — от количества и качества горючего, подаваемого в цилиндры за один цикл; во-вторых,—

от числа оборотов двигателя; в-третьих, — от качества подготовки рабочего процесса (наполнение двигателя, степень сжатия, чистота очистки цилиндров и т. п.); в-четвертых, — от конструктивных качеств двигателя и от его технического состояния (потери на трение, правильность установки газораспределения и зажигания, затраты энергии на питание вспомогательных механизмов, изношенность деталей поршневой и кривошипно-шатунной групп и другие факторы).

В каждом случае подбирают двигатель такой мощности, которая обеспечивала бы правильное и выгодное использование установки. Так, например, на автомобиле «Победа» устанавливается двигатель мощностью 55 *л. с.*, на танке — 500 *л. с.*, двигатель тепловоза развивает мощность свыше 1000 *л. с.* Есть двигатели внутреннего сгорания поршневого типа, развивающие мощность свыше 20 000 *л. с.*

Экономичность работы двигателя оценивается удельным расходом горючего. У д е л ь н ы м р а с х о д о м г о р ю ч е г о называется количество горючего, израсходованное на каждую лошадиную силу мощности в течение одного часа работы двигателя. Измеряется удельный расход горючего в граммах на одну лошадиную силу-час.

Принцип работы и устройство двигателя с принудительным зажиганием позволяют использовать большее количество горючего в единицу времени, а значит, и получить бо́льшую мощность с каждой единицы объема цилиндра и развить бо́льшие обороты. Двигатели с принудительным зажиганием, в отличие от двигателей с воспламенением от сжатия, легче запускать и обслуживать.

В двигателях с воспламенением от сжатия применяются высокие давления сжатия, что улучшает процесс сгорания и увеличивает экономичность. В то же время в этих двигателях развивается более высокое давление сгорания, поэтому детали их должны иметь повышенную прочность, а следовательно, и размеры. Следовательно, при одинаковой мощности двигатель с воспламенением от сжатия будет несколько больше двигателя с принудительным зажиганием.

Двигатели с воспламенением от сжатия менее опасны в пожарном отношении, так как в них используется так называемое тяжелое горючее (дизельные топлива, керосин и др.). Горючее, применяемое в двигателях с вос-

пламенением от сжатия, значительно дешевле горючего для двигателей с принудительным зажиганием. Отсюда— эксплуатация двигателей с воспламенением от сжатия более выгодна.

Крутящий момент

Для того чтобы повернуть какое-либо тело вокруг его воображаемой оси, необходимо воздействовать на него двумя силами, равными, но противоположными по направлению действия, приложенными на некотором расстоянии друг от друга (рис. 27). Эти силы называются в механике **п а р о й с и л**, а степень воздействия их на тело определяется произведением одной из этих сил на рас-

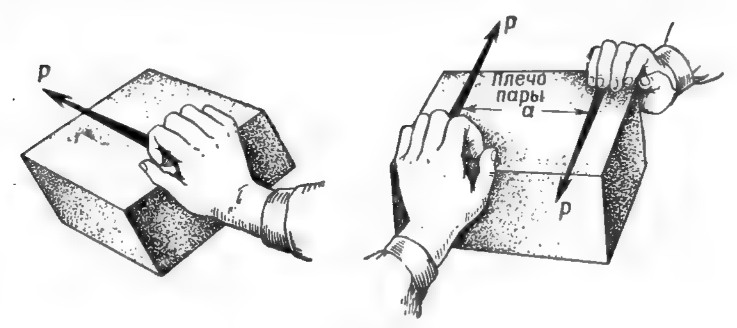


Рис. 27. Пара сил

стояние между ними, называемое **п л е ч о м п а р ы**. Это произведение называется **м о м е н т о м** пары сил. Такая пара сил действует во время работы двигателя на коленчатый вал (рис. 28). Так как при движении поршня под действием газов расстояние между силами, как и сами силы, непрерывно изменяется, а в мертвых точках силы действуют по одной линии, момент пары сил также будет непрерывно изменяться. В мертвых точках одноцилиндрового двигателя момента пары сил не будет. Для выравнивания момента пары сил и вывода кривошипа из мертвых точек, как это было указано выше, на двигателе устанавливается маховик. С помощью маховика момент на коленчатом валу на протяжении цикла изменяется незначительно.

Среднее значение момента пары сил, передаваемого коленчатым валом двигателя связанным с ним механизмам, называется **крутящим моментом** двигателя.

По крутящему моменту (по величине его) можно судить о работе, производимой двигателем за каждый оборот коленчатого вала. Достаточно помножить силу, дей-

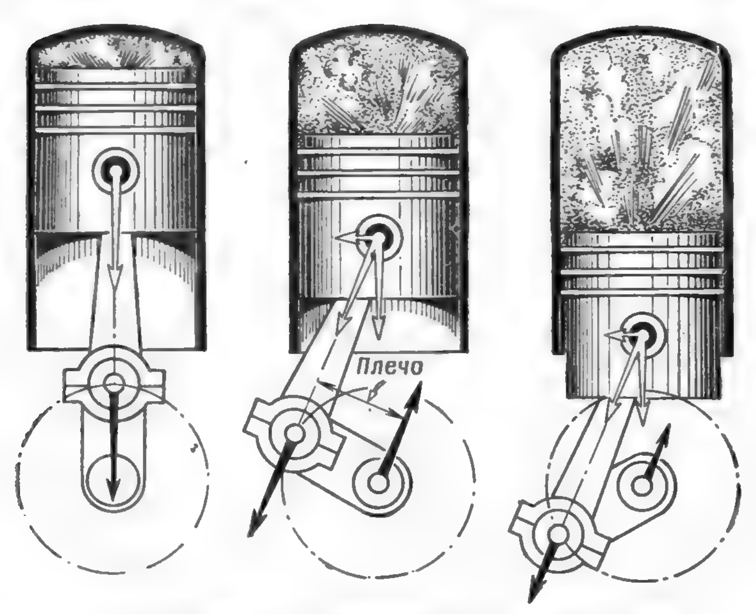


Рис. 28. Пара сил, приложенная к коленчатому валу

ствующую по окружности вала, на длину этой окружности.

Зная число оборотов в минуту и крутящий момент, можно определить мощность двигателя.

Мощность, крутящий момент и число оборотов двигателя объединены точной зависимостью

$$N_e = \frac{M_{кр}\, n}{716{,}2} \text{ л. с.},$$

где N_e — мощность двигателя в *л. с.* на коленчатом валу;

n — число оборотов в минуту;

$M_{кр}$ — крутящий момент в килограммометрах (*кгм*).

Коэффициент полезного действия

Для того чтобы получить от двигателя потребную мощность в течение определенного периода времени (иными словами — получить какое-то количество работы), нужно затратить некоторое количество горючего. Каждый килограмм горючего выделяет при сгорании известное количество теплоты, которое можно выразить в единицах теплоты (калориях) или перевести в единицы работы (килограммометры). Это количество теплоты носит название **удельной теплотворности** горючего. Работу двигателя также можно выразить в единицах теплоты. Выраженная в единицах теплоты полезная работа, отданная двигателем, не соответствует количеству теплоты, выделенному горючим. Только часть затраченной теплоты преобразуется в полезную работу, остальное составляют потери. В двигателе имеется ряд потерь: потери на нагрев деталей, потери в охлаждающую жидкость, потери с отработавшими газами, потери на трение и др. Чем лучше конструкция двигателя и чем лучше организован в нем рабочий процесс, тем меньше потерь.

В качестве оценки степени использования теплоты, а следовательно, и оценки качества двигателя, служит **эффективный коэффициент полезного действия** (КПД).

Эффективным коэффициентом полезного действия двигателя называется отношение теплоты, преобразованной в полезную работу, ко всей затраченной теплоте. Коэффициент полезного действия (КПД) выражается в процентах. Величина КПД дает представление об использовании двигателем горючего, об экономичности двигателя. По этой величине можно объективно сравнивать различные двигатели.

Для автотракторных двигателей эффективный коэффициент полезного действия составляет 20—25%, для авиационных — 30%. Самым большим коэффициентом полезного действия обладают быстроходные дизели — 33—40%. Отсюда видно, что больше половины энергии (а для карбюраторных двигателей до $^4/_5$) оказывается потерянной. Повышенный КПД дизелей по сравнению с карбюраторными двигателями объясняется более высо-

кой степенью сжатия у первых, а степень сжатия является наиболее важным фактором, определяющим экономичность двигателя.

Глава II

ПИТАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ГОРЮЧИМ

ГОРЮЧАЯ И РАБОЧАЯ СМЕСИ

Как уже рассматривалось в предыдущей главе, для того, чтобы двигатель произвел работу, необходимо заполнить его цилиндры горючим и воздухом. Смесь жидкого или газообразного горючего с воздухом в определенном весовом отношении называется горючей смесью. Горение представляет собой соединение горящего вещества с кислородом, поэтому горючее может гореть только в присутствии воздуха, забирая из него кислород. Для того чтобы полностью сжечь 1 *кг* жидкого горючего, необходимо подать к нему 14—15 *кг* воздуха. Смесь будет гореть и при другом количественном соотношении воздуха и горючего. Однако, если воздуха меньше 5 *кг* на 1 *кг* горючего или больше 22 *кг* на 1 *кг* горючего, смесь не будет гореть. При нагревании смеси пределы горючести повышаются до 29 *кг* воздуха на 1 *кг* горючего. Весовое соотношение воздуха и горючего называется пределом воспламеняемости смеси.

Заметим, что для двигателей с воспламенением от сжатия и впрыском горючего непосредственно в цилиндр верхний предел воспламеняемости в значительной степени повышается. Однако это повышение предела воспламеняемости является кажущимся, так как соотношение определяется по общему количеству горючего и воздуха, поступившему в цилиндр, тогда как действительное соотношение количеств воздуха и горючего оценивается различными значениями в каждой отдельной точке пространства сгорания. Воспламенение и горение смеси происходит при соотношениях, не выходящих за пределы воспламеняемости. В двигатель с воспламенением от сжатия подается некоторое количество избыточного воздуха для того, чтобы обеспечить нормальное протекание процесса, так как непосредственный впрыск горючего в цилиндр и создание смеси в самом цилиндре в течение

очень короткого периода не дают возможности использовать более 65—75% воздуха.

Качество смеси удобно оценивать по отношению действительного количества воздуха, приходящегося на единицу горючего, к количеству, теоретически необходимому для полного сгорания. Это отношение называется коэффициентом избытка воздуха. Если коэффициент избытка воздуха выражается числом меньше единицы, то, очевидно, что воздуха в смеси не избыток, а наоборот, недостаток для того, чтобы сгорело все горючее.

В жидком виде горючее не горит. Можно воспламенить лишь пары горючего. В самом деле, если поднести пламя к поверхности жидкого горючего, например бензина, то воспламенение произойдет над поверхностью и бензин будет медленно сгорать по мере испарения.

Следовательно, горючей смесью следует считать смесь воздуха с парами горючего. В процессе работы двигателя в цилиндрах оказывается смесь горючего с воздухом, содержащая в какой-то степени остаточные газы — продукты сгорания смеси в предыдущем цикле, которые не удалось удалить из цилиндра в такте выпуска или продувки; поэтому смесь, заполняющая цилиндры, называется рабочей смесью.

В двигателях с воспламенением от сжатия рабочая смесь образуется в самом цилиндре или вне цилиндра. Об этом будет сказано несколько ниже.

Рассмотрим сейчас случай заполнения цилиндров горючей смесью. Этот случай характерен для карбюраторных двигателей. Карбюратор и есть тот прибор, в котором приготовляется горючая смесь. Соответственно процесс приготовления горючей смеси носит название «карбюрация».

Устройство простейшего карбюратора

Если в трубу (рис. 29), по которой движется с какой-то скоростью воздух, поместить тоненькую трубочку, заполненную бензином, вследствие разрежения, создаваемого движущимся воздухом, бензин будет вытекать в пространство воздушной трубы. Капли (или струйки) бензина, подхватываемые струей воздуха, будут измельчаться, так как движение воздуха сопровождается образованием вихрей. При дальнейшем движении мелкие ча-

стицы бензина легко превращаются в бензиновые пары и хорошо перемешиваются с воздухом. На рис. 30 изображена схема простейшего (элементарного) карбюратора. Он состоит из смесительной и поплавковой камер. Поплавковая камера является резервуаром горючего. При помощи поплавка и игольчатого клапана уровень горючего в поплавковой камере поддерживается постоянным. В смесительной камере происходит смесеобразование. Часть смесительной камеры для увеличения скорости воздушного потока сужена. Эта часть называется диффузором. Известно, что с увеличением скорости воздушного потока увеличивается и разрежение в нем. Так как диффузор является самой узкой частью, то скорость потока в нем наибольшая, следовательно, и разрежение также наибольшее. Бензин подводится по трубке малого сечения, к самой узкой части диффузора. Эта трубка называется распылителем. Уровень бензина в ней при неработающем двигателе находится на 3—5 *мм* ниже верхнего среза распылителя. Поступление бензина из поплавковой камеры в распылитель происходит через калиброванное отверстие, называемое жиклером.

Когда начинает вращаться коленчатый вал, под действием разрежения, создаваемого поршнями на такте впуска, через смесительную камеру начинает проходить воздух. В диффузоре воздух проходит с большой скоростью (140—150 *м/сек*). Бензин, находящийся в распылителе, вытекает в пространство смесительной камеры. Вытекает он вследствие разности давлений (в поплавковой камере и в диффузоре). В поплавковой камере давление всегда равно атмосферному, так как она постоянно связана специальным отверстием с окружающим воздухом. В диффузоре же при работающем двигателе происходит разрежение, т. е. давление ниже атмосферного. Движущийся с большой скоростью воздух подхватывает капли бензина и разбивает их на мельчайшие частицы. Обдуваемые воздухом частицы бензина испаряются. Пары бензина (и незначительное количество неиспарившихся частиц) хорошо перемешиваются с воздухом, и смесь поступает из смесительной камеры карбюратора во впускной трубопровод двигателя, а оттуда в соответствии с порядком работы распределяется по цилиндрам.

Количество смеси, подаваемое в цилиндры в единицу времени, зависит от того, на каком режиме должен рабо-

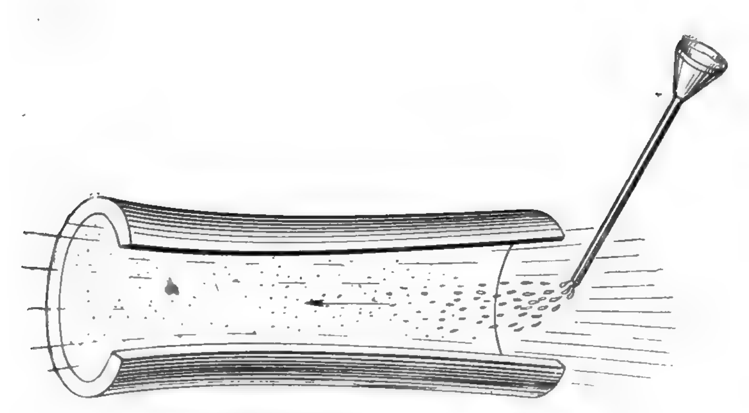


Рис. 29. Распыливание в трубе

Впускной клапан
Впускной трубопровод
Рабочая смесь
Цилиндр
Горючая смесь
Дроссельная заслонка
Поршень
Смесительная камера
Атмосферное отверстие
Диффузор
Бензин
3-5 мм
Запорная игла
Поплавок
Распылитель
Бензин
Воздух
Поплавковая камера
Жиклер

Рис. 30. Простейший карбюратор

тать двигатель. Поступление смеси во впускной трубопровод регулируется заслонкой, поставленной на выходе смесительной камеры карбюратора. Заслонка вращается на оси, вследствие чего уменьшается или увеличивается проходное сечение. Эта заслонка называется дроссельной заслонкой или дросселем.

УСЛОВИЯ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И ТРЕБОВАНИЯ К РАБОЧЕЙ СМЕСИ

Смесь, поданная в цилиндр, должна:

— быть определенного состава, соответствующего заданному режиму работы двигателя;

— быть хорошо перемешанной (однородной) и бензин в смеси должен быть в парообразном состоянии;

— равномерно распределяться по цилиндрам двигателя.

Каким же должен быть состав смеси? Выше было сказано, что для полного сгорания 1 *кг* горючего необходимо подать 15 *кг* воздуха. Очевидно, при таком соотношении сгорит все горючее и может быть использована вся энергия, выделившаяся при сгорании. Смесь с таким соотношением горючего и воздуха носит название теоретической или нормальной смеси. На самом деле в теоретической смеси горючее полностью не сгорает, так как не удается идеально перемешать пары горючего и воздуха и обеспечить 100% испарение частиц. Неполное сгорание приводит к излишним потерям горючего и к ухудшению экономичности двигателя (увеличению удельного расхода горючего). Наиболее экономично двигатель работает при соотношении воздуха и горючего, равном 16,5 : 1 (на 1 *кг* горючего 16,5 *кг* воздуха). Однако наибольшую мощность можно получить при соотношении 13—13,5 : 1, вследствие того что скорость горения и характер нарастания давления в этом случае будут лучшими.

Смесь, у которой весовое соотношение воздуха и горючего меньше чем 15 : 1 (коэффициент избытка воздуха меньше 1), называется обогащенной или богатой смесью, а больше 15 : 1 (коэффициент избытка воздуха больше 1) соответственно обедненной или бедной.

Большую часть всего времени эксплуатации двигатель работает на средней нагрузке. Вполне понятно, что при работе на средних нагрузках, когда требуется максимальная мощность, целесообразно заставить работать двигатель на смеси, обеспечивающей наибольшую экономичность, т. е. несколько обедненной. При работе же на полной нагрузке, с полным открытием дроссельной заслонки, смесь необходимо обогащать до соотношения 12(13) : 1. При резком открытии дроссельной заслонки, что будет вызвано необходимостью резко увеличить нагрузку, отношение смеси также должно быть 12(13) : 1. Однако при этом в цилиндр поступит и большая масса воздуха, имеющая температуру более низкую, чем температура во впускном трубопроводе. В результате произойдет конденсация[1] паров горючего. Горючее в виде росы осядет на стенках трубопровода, произойдет обеднение смеси, вследствие чего потребуется дополнительно вводить в смесь горючее для восстановления ее качества.

Работа на малой нагрузке или на холостом ходу при прикрытой дроссельной заслонке характеризуется пониженной температурой двигателя и ухудшенной очисткой цилиндров от остаточных газов. В то же время двигатель должен работать устойчиво. Устойчивая работа может быть достигнута только подачей в цилиндры богатой смеси (соотношение 10:1). В данном случае богатая смесь необходима, чтобы обеспечить нормальную скорость сгорания при значительном количестве остаточных газов и плохих условиях испарения горючего в непрогретом двигателе.

Серьезные затруднения вызывает запуск двигателя, так как вследствие малых оборотов невозможно создать достаточное разрежение в диффузоре, а малая скорость потока воздуха не обеспечивает тонкого распыливания и испарения горючего. Условия испарения горючего, кроме того, значительно ухудшаются из-за низкой температуры воздуха и деталей, с которыми соприкасается смесь. По этим причинам требуется значительно обогащать смесь — доводить соотношение воздуха и горючего до 2 : 1. Однако в этом случае большая часть горючего окажется

---

[1] Конденсация — превращение вещества из парообразного состояния в жидкое, вызываемое падением температуры.

в смеси в жидком состоянии, а испарившаяся часть составит с воздухом смесь, соответствующую примерно соотношению 9 : 1.

Рассмотренные здесь условия работы двигателя показывают, что карбюратор должен реагировать на любое изменение в режиме работы. Он должен так дозировать горючее, чтобы смесь в каждый момент работы соответствовала потребностям двигателя.

Недостатки простейшего карбюратора

Может ли простейший карбюратор, описанный выше, гарантировать создание смеси необходимого состава для каждого из разобранных случаев?

При запуске двигателя горючее будет вытекать из распылителя жиклера в небольшом количестве вследствие малой скорости движения воздуха и малого разрежения. Значит, смесь будет слишком обедненной. Отсюда — простейший карбюратор не обеспечивает запуск двигателя, требуется какое-то дополнительное устройство, способное увеличить количество поступающего в смесительную камеру горючего при почти закрытой дроссельной заслонке.

То же самое относится и к режиму малых нагрузок и холостого хода, когда простейший карбюратор может приготовить лишь бедную смесь.

В простейшем карбюраторе, по мере открытия дроссельной заслонки и нарастания оборотов, происходит повышение скорости движения воздуха и увеличение разрежения в диффузоре. При этих условиях вытекание горючего из распылителя возрастает в значительно большей степени, чем количество воздуха, проходящего через диффузор.

Таким образом, отрегулированный простейший карбюратор приготовляет смесь, пригодную только для одного, строго определенного режима; поэтому простейший карбюратр не удовлетворяет условиям работы двигателей, устанавливаемых на автомобилях, тракторах, танках и других транспортных и специальных машинах, работающих всегда при переменных оборотах и нагрузке.

Для обеспечения нормальной работы двигателей внутреннего сгорания, работающих на бензине, применяются

карбюраторы значительно отличающиеся от карбюраторов простейшего типа. Рассмотрим устройство современного карбюратора.

Общее устройство современного карбюратора

Карбюратор современного двигателя, представляющий собой сложный и точный прибор, состоит из устройств, изменяющих состав смеси в строгом соответствии с режимом работы двигателя.

В карбюратор входят следующие устройства: главное дозирующее устройство; обогатительное устройство; устройство холостого хода; пусковое устройство; ускорительный насос и поплавковая камера.

Главное дозирующее устройство. Назначение главного дозирующего устройства приготовлять смесь, нужную для работы двигателя на средних нагрузках, т. е. наиболее экономичную смесь. Однако главное дозирующее устройство подготовляет смесь и для других режимов, в частности, для режима максимальной мощности и режима холостого хода.

В основу главного дозирующего устройства положена схема простейшего карбюратора. В него входит компенсационная система. Компенсационная система (рис. 31) начинает работать в тот момент, когда двигатель переходит на режим средних нагрузок. Компенсация заключается в том, что по мере увеличения нагрузки (в среднем диапазоне нагрузок) и, следовательно, повышения скорости потока воздуха смесь не обогащается, а, наоборот, обедняется в нужных пределах. Происходит это вследствие «торможения» вытекающего из распылителей горючего. Торможение осуществляется путем засасывания воздуха в распылитель через специальный воздушный колодец. Иногда компенсационная система обедняет смесь путем уменьшения разрежения в зоне распылителя, несмотря на увеличение общего количества проходящего через карбюратор воздуха.

Обогатительное устройство (экономайзер). Назначение такого устройства (рис. 32) — «исправлять» состав смеси для работы двигателя с полностью открытой дроссельной заслонкой. Когда дроссельная заслонка откроется почти полностью, экономайзер начнет работать и увеличит количество горючего, поступающего в смесь через распыли-

тели. При возвращении к режиму средних нагрузок экономайзер выключается и состав смеси вновь становится экономичным. Управление экономайзером осуществляется автоматически — механическим приводом, связанным с рычагом дроссельной заслонки, или с помощью вакуум-

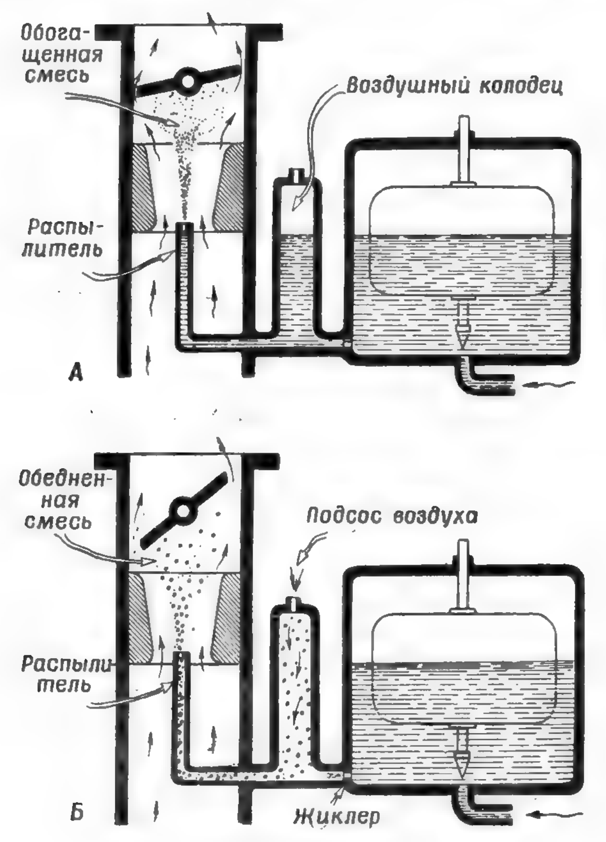


Рис. 31. Компенсационная система

ного привода. Вакуумный привод вступает в работу под действием разности давлений между надпоршневым пространством и подпоршневым пространством в вакуумном цилиндре, причем надпоршневое пространство связано с пространством над дроссельной заслонкой и давление в нем меняется в зависимости от давления во впускном

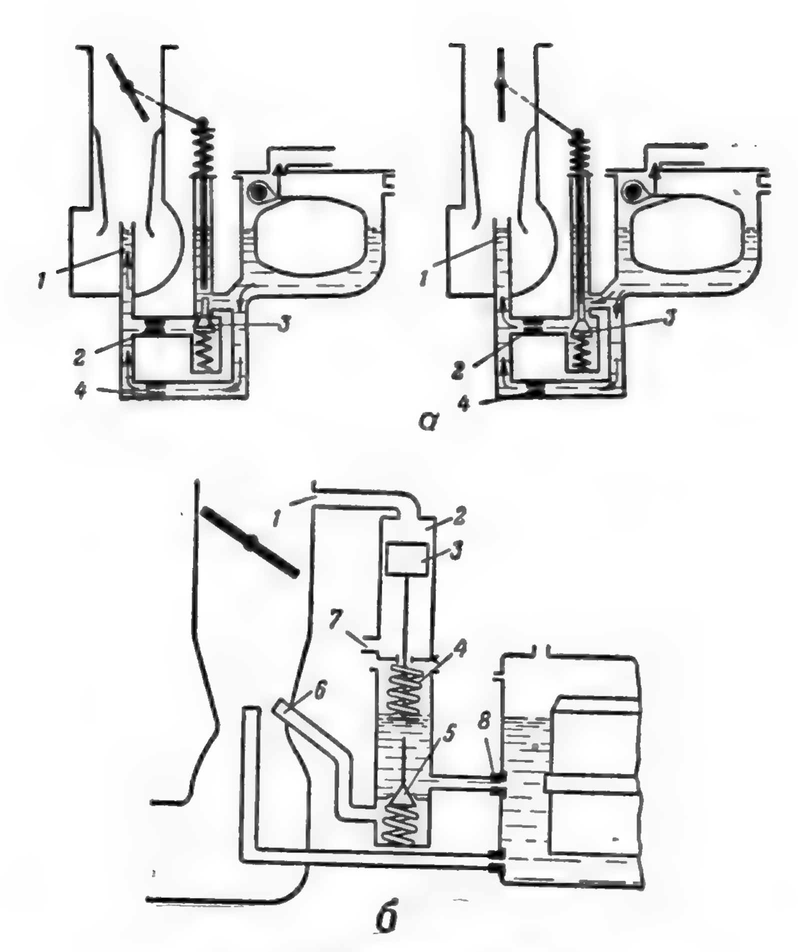


Рис. 32. Обогатительное устройство:

а — с механическим приводом: *1* — распылитель; *2* — жиклер мощности; *3* — клапан обогатителя; *4* — главный жиклер; *б* — с пневматическим приводом: *1* — канал; *2* — цилиндр; *3* — поршень; *4* — пружина; *5* — клапан обогатителя; *6* — распылитель; *7* — отверстие; *8* — жиклер мощности

трубопроводе; подпоршневое пространство связано с воздушной полостью поплавковой камеры или непосредственно с атмосферой.

Устройство холостого хода. Назначение его (рис. 33) — создавать смесь, которая обеспечила бы устойчивую работу двигателя на холостом ходу. При холостом ходе двигателя дроссельная заслонка карбюратора почти полностью закрыта. Разрежение в диффузоре при этом незначительное и соответственно незначительное количество горючего, вытекающего из главного дозирующего устройства; горючая смесь в этом случае сильно обедненная. Для обогащения этой смеси и обеспечения тонкого распыливания частиц горючего в карбюраторе установлен жиклер холостого хода, распылитель которого расположен за диффузором примерно на одном уровне с осью дроссельной заслонки. Если дроссельную заслонку прикрыть, то для прохода смеси остается узкая щель, вследствие чего скорость потока и соответственно разрежение повысятся; в смесь будет введено дополнительное количество горючего.

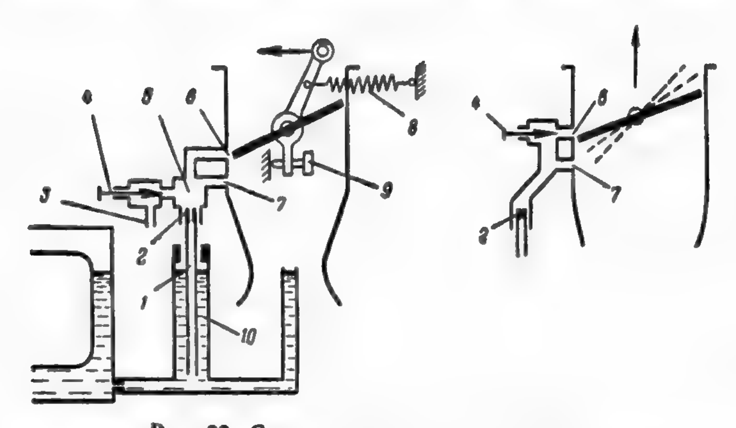


Рис. 33. Схема системы холостого хода:

1 — трубка; *2* — жиклер холостого хода; *3* — отверстие; *4* — регулировочная игла; *5* — полость; *6* и *7* — каналы; *8* — пружина; *9* — упорный винт; *10* — колодец

В устройстве холостого хода предусмотрено частичное смешение горючего с воздухом (создание так называемой эмульсии) до поступления его в смесительную камеру карбюратора. При постепенном открытии дроссель-

ной заслонки и переходе к средним нагрузкам устройство холостого хода прекращает свою работу, так как разрежение в области распылителя жиклера холостого хода резко падает.

Пусковое устройство. Назначение устройства — подготовить смесь необходимого состава для запуска холодного двигателя. Пусковым устройством в карбюраторе служит воздушная заслонка (рис. 34), установленная во входном патрубке карбюратора (перед диффузором). Если воздушная заслонка закрыта, то количество воздуха, проходящего через диффузор, уменьшается, а раз-

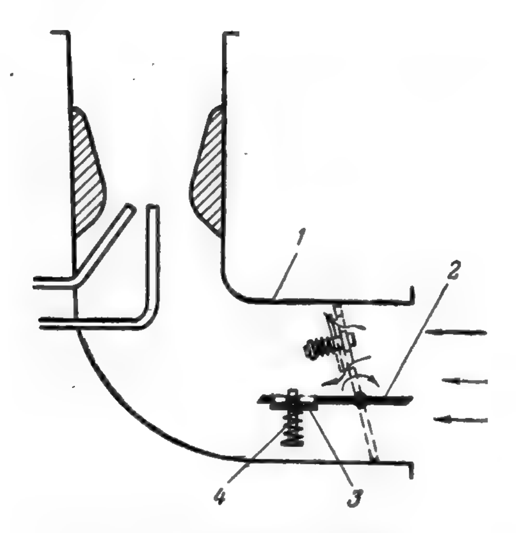


Рис. 34. Воздушная заслонка:

1 — приемный патрубок; 2 — воздушная заслонка; 3 — пластинчатый клапан; 4 — пружина

режение в смесительной камере даже при самых малых пусковых оборотах двигателя увеличивается, благодаря чему увеличивается подача горючего через дозирующие устройства карбюратора.

В результате одновременного уменьшения количества воздуха и увеличения подачи горючего в цилиндры двигателя поступает переобогащенная смесь и запуск обеспечивается.

Качество смеси при запуске двигателя может меняться в широких пределах в зависимости от взаимного положения дроссельной и воздушной заслонок.

От водителя требуются достаточные навыки для правильного пользования воздушной и дроссельной заслонками. Для облегчения пуска воздушную заслонку применяют с дополнительным устройством — автоматическим клапаном. Как только двигатель начнет работать, разрежение над воздушной заслонкой резко увеличивается; клапан под давлением воздуха отходит от заслонки и открывает имеющиеся в ней отверстия; при этом в карбюратор проходит дополнительное количество воздуха, тем самым предотвращается переобогащение смеси. По мере прогрева двигателя воздушную заслонку постепенно открывают.

Ускорительный насос. Назначение ускорительного насоса (рис. 35) — временно обогатить смесь в момент рез-

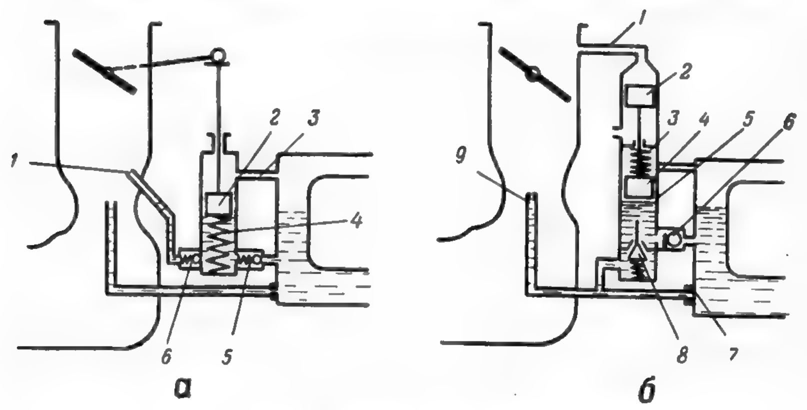


Рис. 35. Ускорительный насос:

а — с механическим приводом: *1* — распылитель; *2* — плунжер; *3* — канал; *4* — цилиндр; *5* — обратный клапан; *6* — нагнетательный клапан; *б* — с пневматическим приводом: *1* — канал; *2* — поршень привода; *3* — пружина; *4* — плунжер ускорительного насоса; *5* — цилиндр; *6* и *8* — клапаны; *7* — главный жиклер; *9* — распылитель

кого открытия дроссельной заслонки, для того чтобы двигатель мог быстро увеличить мощность и обороты. Привод ускорительного насоса связан с приводом дроссельной заслонки, и в момент, когда дроссельная заслонка резко открывается до конца своего хода, горючее выталкивается плунжером из камеры насоса и поступает в

смесительную камеру. Как только плунжер насоса остановится, дополнительный впрыск горючего прекратится. Горючее не будет поступать в камеру насоса до тех пор, пока плунжер не вернется в исходное положение и запорный клапан между поплавковой камерой и камерой ускорительного насоса не откроется. Одновременно с прикрытием дроссельной заслонки плунжер ускорительного насоса возвращается в исходное положение; вследствие разности давлений в поплавковой камере и камере насоса открывается запорный клапан и камера насоса снова заполняется горючим. Привод к ускорительному насосу осуществляется как механически, так и с помощью вакуумного устройства.

Поплавковая камера. Для поддержания необходимого уровня бензина в распылителях и для разобщения их с бензиновыми баками и подкачивающим насосом у каждого карбюратора должен быть резервуар, сообщающийся с распылителями. Таким резервуаром в карбюраторе служит поплавковая камера. Но и в самой поплавковой камере необходимо поддерживать уровень горючего постоянным. Регулятором наполнения поплавковой камеры является поплавок. Поплавок изготовляется в виде полого шара из тонкого листового металла. С помощью рычажка он может качаться вокруг неподвижной оси, укрепленной на стенке камеры. Когда уровень бензина в поплавковой камере опускается, поплавок тоже опускается и запорная игла получает возможность открыть входное отверстие для горючего. Горючее поступает в камеру и уровень поднимается. Поднимаясь вместе с уровнем горючего до нормы, поплавок заставляет запорную иглу перекрыть входное отверстие и подача горючего в камеру прекращается независимо от уровня горючего в баках или от давления, создаваемого подкачивающим насосом.

На примере двух карбюраторов автомобильных двигателей рассмотрим их конструктивное оформление и работу.

Устройство и работа карбюратора К-49А

На рис. 36 и 37 изображены общий вид и схема карбюратора К-49А, устанавливаемого на автомобильных двигателях ГАЗ (автомобили ГАЗ-51 и ГАЗ-63).

На схеме приведены отдельные устройства карбюратора.

Главное дозирующее устройство состоит из блока жиклеров *28* с регулировочной иглой *24*. В блок входят главный *26* (с регулируемым сечением) и дополнительный *25* жиклеры.

В обогатительное устройство входит экономайзер *18*, каналы *27*, *13*, связывающие экономайзер с главным дозирующим устройством и с задроссельным пространством.

Пусковое устройство состоит из воздушной заслонки *6* с клапаном.

Устройство холостого хода имеет каналы *5*, *3* и *37*, воздушный жиклер *2*, жиклер холостого хода *38*, выходные отверстия *33* и *35* и регулировочную иглу *34*.

Для более точного дозирования смеси в зависимости от нагрузки у карбюратора К-49А имеются три диффузора: большой, средний и малый и пластинчатый перепускной воздушный клапан, перекрывающий поток воздуха через большой диффузор. Воздушный клапан состоит из четырех пружинных пластин *1*.

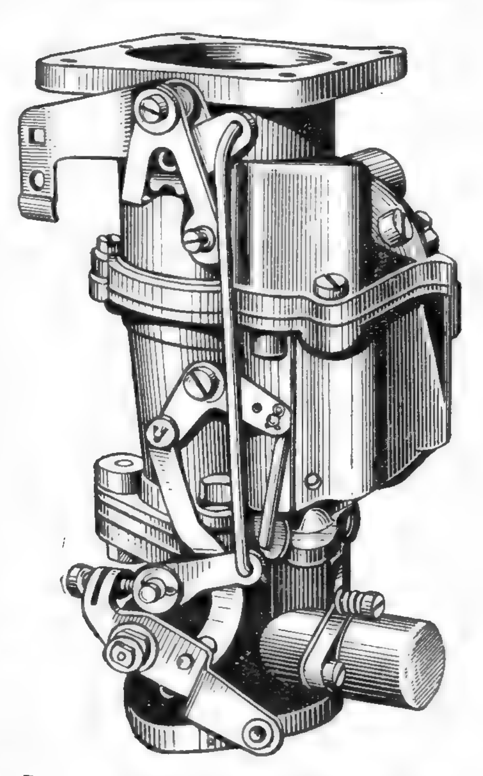


Рис. 36. Общий вид карбюратора К-49А

При запуске двигателя, когда воздушная заслонка закрыта, образуется разрежение, вследствие чего бензин вытекает из главного жиклера главного дозирующего устройства и из выходных отверстий устройства холостого

хода. Воздух проходит через щели между воздушной заслонкой и стенками патрубка и далее через средний и малый диффузоры. Перепускной воздушный клапан перекрывает проход воздуха через большой диффузор. Вследствие большого разрежения в малом диффузоре и в зоне выхода в смесительную камеру из устройства холостого хода количество горючего, поступающего в смесь, вполне обеспечивает ее качество, нужное для запуска.

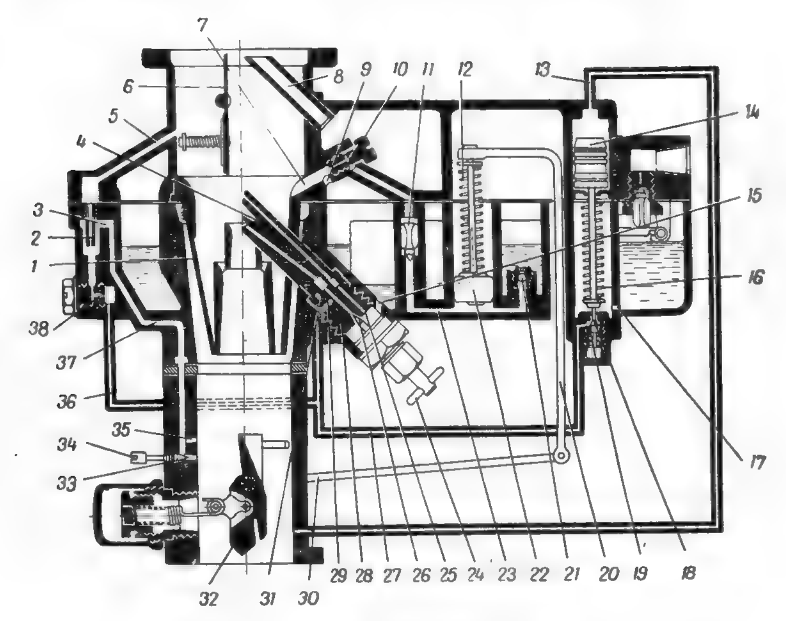


Рис. 37. Схема карбюратора К-49А:

1 — пружинные пластины; *2* — воздушный жиклер; *3, 5, 7, 13, 15, 23, 27, 36 37* — каналы; *4* — распылитель; *6* — воздушная заслонка; *8* — трубка; *9* — отверстие; *10* — жиклер; *11* — клапан; *12* — пружина; *14* — поршень; *16* — пружина; *17* — отверстие; *18* — экономайзер; *19* — жиклер мощности; *20* — тяга; *21* — шариковый клапан; *22* — плунжер ускорительного насоса; *24* — регулировочная игла; *25* — дополнительный жиклер (калиброванное отверстие); *26* — главный жиклер; *28* — блок жиклеров; *29* — канал жиклерного блока; *30* — рычаг; *31* — кольцевая проточка; *32* — дроссельная заслонка; *33* и *35* — выходные отверстия; *34* — регулировочная игла; *38* — жиклер холостого хода

После запуска двигателя и перехода на обороты холостого хода воздушная заслонка открывается, а разрежение снижается в малом и среднем диффузорах, но увеличивается в щелях между сильно прикрытой дроссельной заслонкой и стенками смесительной камеры, т. е.

против выходного отверстия устройства холостого хода. Истечение через распылитель главного жиклера почти прекращается, и горючее проходит через главный жиклер в канал *29* и далее по каналу *36* к жиклеру холостого хода. Пройдя через жиклер холостого хода, горючее смешивается с воздухом, подходящим через воздушный жиклер *2*; образуется эмульсия, которая по вертикальному каналу направляется к выходному отверстию *33*. Дополнительно через отверстие *35*, расположенное в зоне с меньшим разрежением, в эмульсию поступает воздух, измельчающий частицы горючего.

При работе на средних нагрузках разрежение в смесительной камере повышается по мере открытия дроссельной заслонки и силой воздушного напора отгибаются пластины клапана. Большая часть воздуха пройдет между стенками большого и среднего диффузоров; при этом разрежение в горловине большого диффузора увеличивается, вследствие чего начинается истечение горючего из распылителя дополнительного жиклера. Истечение из распылителя главного жиклера тоже увеличивается, но незначительно, и смесь постепенно обедняется.

Экономайзер приводится в действие пневматически. Разрежение за дроссельной заслонкой распространяется по каналу *13* до камеры поршня экономайзера. Вследствие разрежения действие пружины *16* нейтрализуется и поршень со штоком, поднимаясь вверх, закрывают игольчатый клапан. Если дроссельная заслонка открывается полностью, то разрежение снижается и поршень со штоком под действием пружины опускается, в результате чего клапан открывается. Горючее из поплавковой камеры через жиклер мощности *19*, каналы *27* и *29* и кольцевую проточку *31* проходит в распылитель блока жиклеров и оттуда попадает в смесительную камеру. Смесь обогащается.

При резком открытии дроссельной заслонки вступает в действие ускорительный насос, жестко связанный с тягой дроссельной заслонки. Тяга *20* действует на пружину *12*. Плунжер насоса под действием пружины опускается, и горючее дополнительно впрыскивается через клапан *11*, жиклер *10* и канал *7* в преддиффузорное пространство. Одновременно шариковый клапан *21* отпускается, и перетекание горючего из поплавковой камеры в камеру ускорительного насоса прекращается. Когда

плунжер насоса вернется в исходное положение, клапан *11* закроется, а шариковый клапан *21* откроется и камера ускорительного насоса вновь заполнится горючим.

Устройство и работа карбюратора МКЗ К-84

На рис. 38 и 39 дан общий вид и приведена схема карбюратора МКЗ К-84, устанавливаемого с 1956 г. на шестицилиндровых двигателях, выпускаемых автозаводом им. Лихачева. В этом карбюраторе имеются две

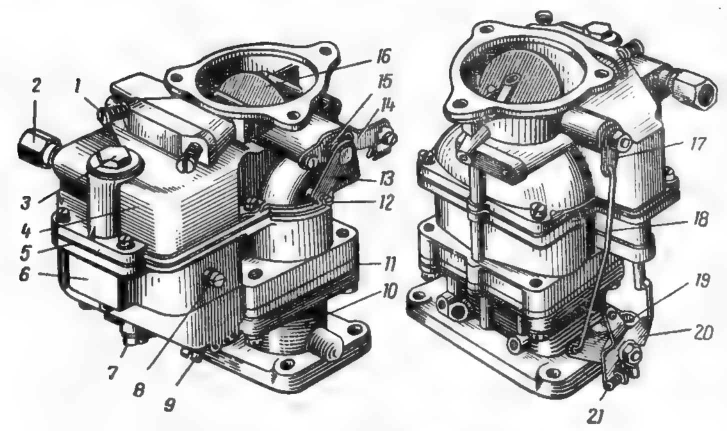


Рис. 38. Общий вид карбюратора К-84:

1 — винт регулировки состава смеси холостого хода; *2* — штуцер; *3* — пробка; *4* — крышка поплавковой камеры; *5* — прокладка; *6* — корпус поплавковой камеры; *7* — пробка колодца клапана экономайзера с механическим приводом; *8* — пробка контрольного отверстия уровня бензина; *9* — распылитель; *10* — корпус смесительных камер; *11* — прокладка; *12* — винт; *13, 17, 19* и *20* — рычаги; *14* — кронштейн; *15* — пружина; *16* — воздушная заслонка; *18* — тяга; *21* — винт регулировки оборотов холостого хода

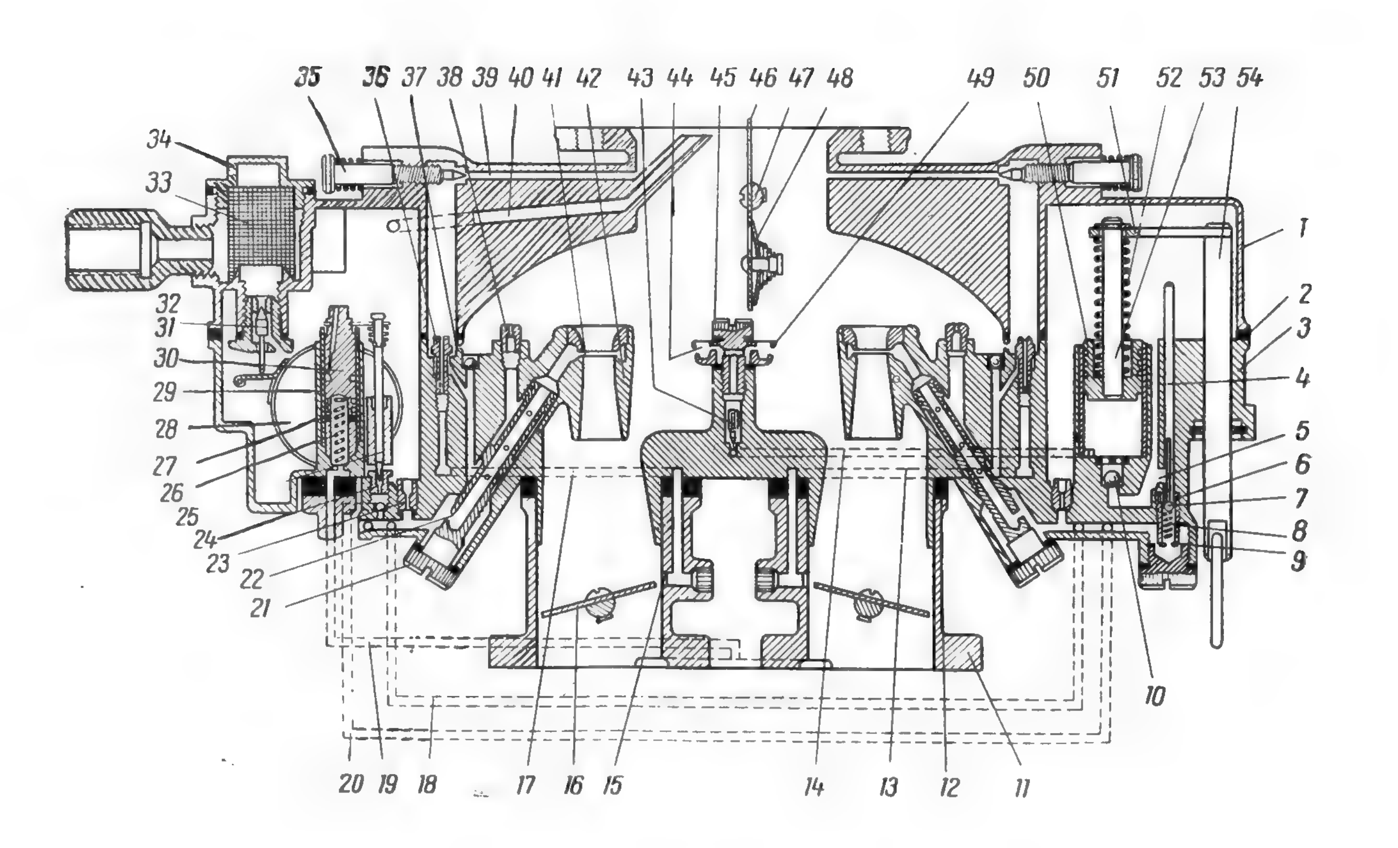
главные дозирующие системы, две системы холостого хода и две смесительные камеры. Такое разделение карбюратора на две самостоятельных половины позволяет организовать независимое смесеобразование для группы из трех цилиндров и, таким образом, подать в каждый цилиндр смесь равномерного состава и высокого качества. Вместе с тем поплавковая камера, воздушная горловина, ускорительный насос и два экономайзера (механический и пневматический) являются общими для обеих половин.

Карбюратор К-84 собирается из трех частей: корпуса воздушной горловины, выполненного совместно с крышкой поплавковой камеры *4*, корпуса поплавковой камеры *6* и корпуса смесительных камер *10*. Верхняя и средняя части карбюратора отлиты под давлением из цинкового сплава, нижняя — из серого чугуна. В воздушной горловине крепится воздушная заслонка. В корпусе смесительных камер устанавливаются на общей оси две дроссельные заслонки.

Рассмотрим работу карбюратора на основных режимах.

Запуск. Воздушная заслонка *16* закрыта. Между дроссельными заслонками и стенками смесительных камер образуется незначительный просвет (0,6—0,9 *мм*). Под действием разрежения, возникающего при прокручивании коленчатого вала, происходит обильное истечение горючего через главные дозирующие системы (главный жиклер *23*, распылитель *21* с жиклером *22*, воздушный жиклер *38* и соединительные каналы) и в еще большей степени через системы холостого хода (канал *39*, жиклер *36* холостого хода, воздушное отверстие *37*, соединительный канал *17* и выходное отверстие *15* прямоугольного сечения). Чтобы предотвратить переобогащение смеси, неизбежное после первых вспышек при закрытой воздушной заслонке, в последней устроен автоматический клапан, пропускающий воздух при резком увеличении разрежения.

Работа на холостом ходу. Воздушная заслонка открыта, а дроссельные — прикрыты. Горючее не поступает через главные дозирующие системы, так как разрежение в диффузорах незначительное. В смесительных же камерах, за дроссельными заслонками, разрежение достаточно велико, благодаря чему по каналу *39* через воздушный жиклер *36* холостого хода и через воздушное отверстие *37* в канал *17* устремляется воздух. По пути он смешивается с горючим, просасывающимся из поплавковой камеры через жиклеры *23* и *22*. Смесь горючего в воздухе по каналу *17* и через отверстие *15* поступает в смесительную камеру, где она перемешивается с основным потоком воздуха, проходящим через просвет между дроссельными заслонками и стенками смесительных камер. Состав смеси можно регулировать, уменьшая или увеличивая


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54

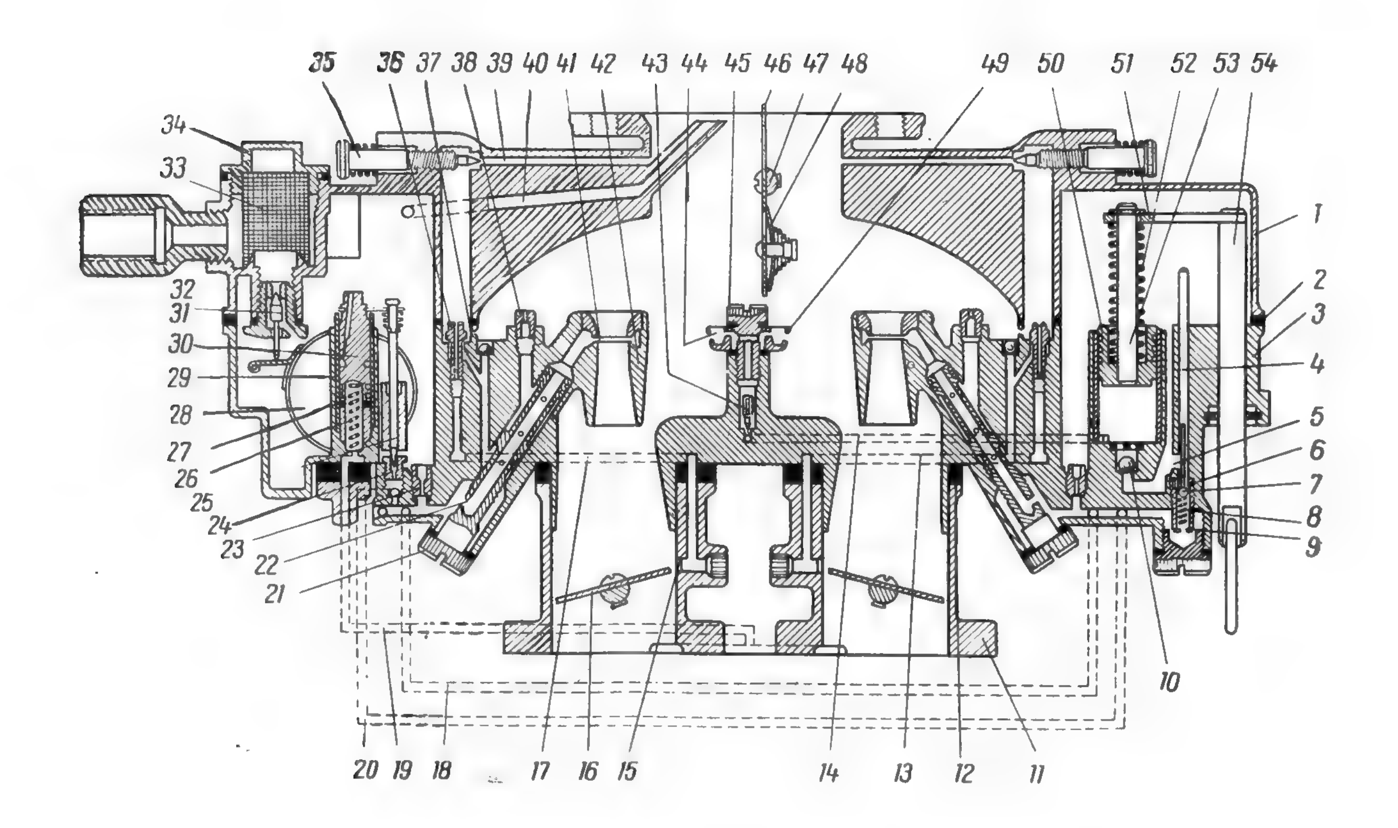
1 — крышка поплавковой камеры; 2 — прокладка; 3 — корпус поплавковой камеры; 4 — толкатель экономайзера с механическим приводом; 5 — отверстие; 6 — седло; 7 — клапан экономайзера с механическим приводом; 8 — пружина; 9 — корпус клапана; 10 — впускной клапан ускорительного насоса; 11 — корпус смесительных камер; 12 — прокладка; 13, 14, 17, 18, 19, 20, 39 и 40 — каналы; 15 — выходное отверстие канала системы холостого хода; 16 — дроссельная заслонка; 21 — распылитель главной дозирующей системы; 22 — жиклер; 23 — главный бензиновый жиклер; 24 — жиклер экономайзера с пневматическим приводом; 25 — клапан экономайзера с пневматическим приводом; 26 — пружина; 27 — прокладка; 28 — поплавок; 29 — гильза; 30 — поршень экономайзера с пневматическим приводом; 31 — запорный игольчатый клапан; 32 — штуцер; 33 — сетчатый фильтр; 34 — пробка; 35 — винт регулировки состава горючей смеси холостого хода; 36 — жиклер холостого хода; 37 — воздушное отверстие; 38 — воздушный жиклер главной дозирующей системы; 41 — кольцевой просвет; 42 — диффузор малый; 43 — игольчатый клапан ускорительного насоса; 44 — воздушное пространство форсунки; 45 — полый винт; 46 — воздушная заслонка; 47 — ось воздушной заслонки; 48 — клапан воздушной заслонки; 49 — форсунка; 50 — поршень ускорительного насоса; 51 — планка; 52 — пружина; 53 — шток поршня ускорительного насоса; 54 — стержень привода ускорительного насоса

проходное сечение канала *39* с помощью регулировочного винта *35*.

Работа на малых и средних нагрузках. Дроссельные заслонки несколько приоткрываются. По мере открытия дроссельных заслонок разрежение против отверстий *15* падает, а в диффузорах *42*, наоборот, — возрастает. Благодаря этому истечение горючего с воздухом через отверстие *15* прекращается и в работу вступают главные дозирующие системы.

Горючее через жиклеры *23* и *22* поступает в полости распылителей *21*. Туда же через воздушный жиклер *38* и поперечные отверстия в распылителях поступает воздух, который перемешивается с горючим и, кроме того, тормозит истечение горючего через жиклер *22*. Образовавшаяся смесь горючего с воздухом поступает в кольцевые просветы *41* диффузоров, подхватывается потоком воздуха, проходящим через диффузоры с большой скоростью, перемешивается с ним и поступает в цилиндры двигателя.

Совместное действие жиклеров для горючего и воздуха автоматически обеспечивает необходимый экономический состав смеси при увеличении в определенных пределах нагрузки или числа оборотов. В момент перехода на режим повышенной (но не полной) мощности (разгон) в работу вступает пневматический экономайзер. С увеличением открытия дроссельной заслонки разрежение во впускном трубопроводе снижается. Так как полость под поршнем экономайзера связана каналом *19* с впускным трубопроводом, сила пружины *26* превышает разность давлений над и под поршнем и последний перемещается вверх, одновременно пе-


35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20 19 18 17 16 15 14 13 12 11
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21

1 — крышка поплавковой камеры; 2 — прокладка; 3 — корпус поплавковой камеры; 4 — толкатель экономайзера с механическим приводом; 5 — отверстие; 6 — седло; 7 — клапан экономайзера с механическим приводом; 8 — пружина; 9 — корпус клапана; 10 — впускной клапан ускорительного насоса; 11 — корпус смесительных камер; 12 — прокладка; 13, 14, 17, 18, 19, 20, 39 и 40 — каналы; 15 — выходное отверстие канала системы холостого хода; 16 — дроссельная заслонка; 21 — распылитель главной дозирующей системы; 22 — жиклер; 23 — главный бензиновый жиклер; 24 — жиклер экономайзера с пневматическим приводом; 25 — клапан экономайзера с пневматическим приводом; 26 — пружина; 27 — прокладка; 28 — поплавок; 29 — гильза; 30 — поршень экономайзера с пневматическим приводом; 31 — запорный игольчатый клапан; 32 — штуцер; 33 — сетчатый фильтр; 34 — пробка; 35 — винт регулировки состава горючей смеси холостого хода; 36 — жиклер холостого хода; 37 — воздушное отверстие; 38 — воздушный жиклер главной дозирующей системы; 41 — кольцевой просвет; 42 — диффузор малый; 43 — игольчатый клапан ускорительного насоса; 44 — воздушное пространство форсунки; 45 — полый винт; 46 — воздушная заслонка; 47 — ось воздушной заслонки; 48 — клапан воздушной заслонки; 49 — форсунка; 50 — поршень ускорительного насоса; 51 — планка; 52 — пружина; 53 — шток поршня ускорительного насоса; 54 — стержень привода ускорительного насоса

проходное сечение канала *39* с помощью регулировочного винта *35*.

Работа на малых и средних нагрузках. Дроссельные заслонки несколько приоткрываются. По мере открытия дроссельных заслонок разрежение против отверстий *15* падает, а в диффузорах *42*, наоборот, — возрастает. Благодаря этому истечение горючего с воздухом через отверстие *15* прекращается и в работу вступают главные дозирующие системы.

Горючее через жиклеры *23* и *22* поступает в полости распылителей *21*. Туда же через воздушный жиклер *38* и поперечные отверстия в распылителях поступает воздух, который перемешивается с горючим и, кроме того, тормозит истечение горючего через жиклер *22*. Образовавшаяся смесь горючего с воздухом поступает в кольцевые просветы *41* диффузоров, подхватывается потоком воздуха, проходящим через диффузоры с большой скоростью, перемешивается с ним и поступает в цилиндры двигателя.

Совместное действие жиклеров для горючего и воздуха автоматически обеспечивает необходимый экономический состав смеси при увеличении в определенных пределах нагрузки или числа оборотов. В момент перехода на режим повышенной (но не полной) мощности (разгон) в работу вступает пневматический экономайзер. С увеличением открытия дроссельной заслонки разрежение во впускном трубопроводе снижается. Так как полость под поршнем экономайзера связана каналом *19* с впускным трубопроводом, сила пружины *26* превышает разность давлений над и под поршнем и последний перемещается вверх, одновременно пе-

ремещая и клапан *25*, открывающий жиклер *24*. Горючее через жиклеры *24* и *22* дополнительно поступает в распылитель, и смесь несколько обогащается, не достигая, однако, состава, потребного для получения полной мощности. Когда режим двигателя установится и разрежение во впускном трубопроводе опять увеличится, поршень, сжимая пружину, займет свое первоначальное положение и клапан закроется. Смесь опять будет иметь экономичный состав.

Работа на режиме максимальной мощности. Смесь, необходимая для работы на максимальной мощности, получается с помощью механического экономайзера. Когда дроссельные заслонки приходят в положение, близкое к полному открытию, планка *51*, связанная с приводом дроссельных заслонок, давит на толкатель *4*, перемещая его вниз. Шариковый клапан *7* опускается, и горючее через отверстие *5* в корпусе *9* клапана поступает к распылителям *21*, обогащая смесь до состава, необходимого при работе на полной мощности.

Ускорительное устройство. Резкое открытие дроссельных заслонок вызывает столь же резкое перемещение вниз поршня *50* ускорительного насоса. Впускной шариковый клапан *10* закрывается, горючее, проталкиваясь через каналы *14*, открывает игольчатый клапан *43* и впрыскивается через форсунку *49*. Струйки горючего ударяются о наружные стенки малых диффузоров, распыливаются и, перемешиваясь с воздухом, поступают в смесительные камеры. С возвращением поршня ускорительного насоса в верхнее положение клапан *10* открывается и полость ускорительного насоса вновь заполняется горючим. Игольчатый клапан *43* препятствует поступлению горючего к форсунке при постоянном положении дроссельных заслонок.

Мы рассмотрели два карбюратора, устанавливаемых выше цилиндров двигателя. Воздушный поток в этих карбюраторах направлен сверху вниз. Такие карбюраторы называются карбюраторами с нисходящим воздушным потоком. В отличие от них имеются карбюраторы с восходящим потоком, имеющим направление в смесительной камере снизу вверх. Реже встречаются карбюраторы с горизонтальным воздушным потоком, которые, как правило, устанавливаются на двигателях мотоциклетного типа и пусковых. За последние годы стали чаще приме-

нять карбюраторы с нисходящим потоком. Объясняется это тем, что у них меньше сопротивление проходу воздуха, так как меньше поворотов воздушного потока. При работе на карбюраторе с нисходящим потоком двигатель может развить мощность на 4—6% больше, чем при работе на карбюраторе с восходящим потоком. Кроме того, карбюраторы с нисходящим потоком по своему расположению более доступны для осмотра, регулировок и обслуживания, чем другие.

Для удобства изготовления, обслуживания, регулировки и монтажа карбюраторы обычно составляются из двух — трех частей. Материалом для изготовления карбюраторов выбирают чугун, цинковые или алюминиевые сплавы.

Крепление карбюратора к впускному трубопроводу обеспечивает наиболее рациональное распределение смеси по цилиндрам двигателя (равномерное по количеству и качеству). Иногда на мощных многоцилиндровых двигателях устанавливают сдвоенные карбюраторы с двумя параллельными потоками. Каждый поток обслуживает определенную группу цилиндров.

Впускной трубопровод располагают всегда так, чтобы исключить конденсацию паров бензина на его внутренних стенках и, следовательно, предотвратить обеднение рабочей смеси. Для этого используют тепло отработавших газов, располагая впускной трубопровод в непосредственной близости от выпускного. Подогревать впускной трубопровод выгодно потому, что испарение бензина в смеси и затем его сгорание будут более полными. Однако стараются не допускать перегрева горючей смеси, так как это приводит к ухудшению наполнения цилиндров и соответственно к недобору мощности.

Подача горючего к карбюратору. Подкачивающие насосы

Горючее подается к карбюратору разными способами: самотеком из баков, уровень в которых постоянно выше уровня в поплавковой камере, или с помощью специального подкачивающего насоса. Почти на всех современных двигателях осуществлена принудительная подача горючего в поплавковую камеру.

Могут применяться насосы самых разнообразных типов: поршневые, коловратные, мембранные, лопастные

и т. д. Здесь мы рассмотрим наиболее часто встречающиеся насосы — коловратный и мембранный. Схема коловратного насоса приведена на рис. 40.

Ротор коловратного насоса приводится в действие от коленчатого вала двигателя обычно с помощью шестеренчатой передачи. Ротор вращается против часовой стрелки. Вращаясь, он увлекает за собой лопатки. Так как центр ротора *4* смещен относительно центра стакана *2*, лопатки перемещаются по пазу в роторе, не теряя контакта с внутренней поверхностью стакана. Объем *А* при этом увеличивается, возникает разрежение, и горючее из приемного патрубка заполняет объем *А*. В то же время другие лопатки перемещаются по своим пазам внутрь ротора, объем *В*, противоположный объему *А*, уменьшается, и горючее вытесняется в нагнетательный патрубок. Производительность коловратного насоса в несколько раз превышает потребность двигателя; поэтому в устройстве насоса предусмотрен перепускной клапан, который начинает работать, когда давление в нагнетательном трубопроводе достигнет определенной величины, и перепускает часть горючего из нагнетательного трубопровода в приемный.

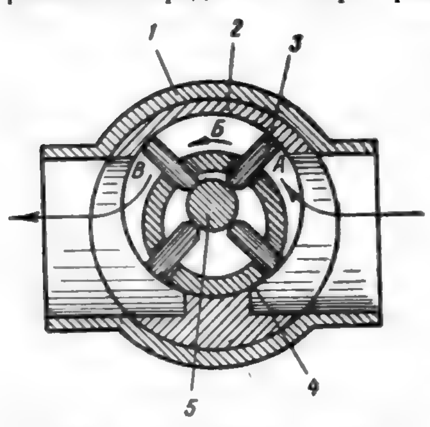


Рис. 40. Схема действия насоса коловратного типа:

1 — корпус насоса; *2* — стакан; *3* — лопатки; *4* — ротор; *5* — стержень

На рис. 41 дана схема мембранного (диафрагменного) насоса. Рассмотрим работу этого насоса.

Эксцентрик *12*, выполненный на приводном валике, набегая на рычаг *8*, заставляет его повернуться вокруг оси *10*. Плечом рычаг нажимает на шток *9*; шток вместе с мембраной опускается и сжимает пружину *13*. Объем полости над мембраной увеличивается, и в полости создается давление меньшее, чем в трубопроводе; при этом нагнетательный клапан *7* закрывается, а впускной клапан *6* открывается и пропускает горючее из отстойника *4*.

Так как вода и механические частицы по своему удельному весу тяжелее горючего, то они опускаются на дно отстойника, а чистое горючее поступает к насосу. Далее, когда эксцентрик начнет сбегать с рычага, последний под действием пружины повернется в обратном направлении, освободив шток мембраны (второе плечо рычага может

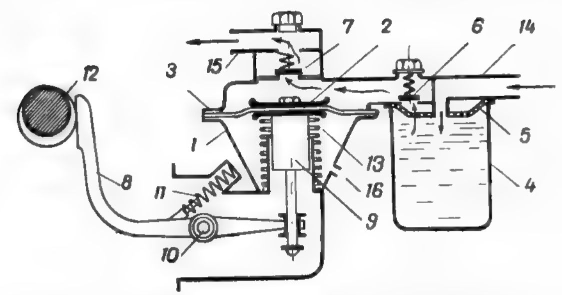


Рис. 41. Схема мембранного (диафрагменного) насоса:

1 — нижняя часть корпуса насоса; *2* — мембрана; *3* — верхняя часть корпуса насоса; *4* — отстойник; *5* — фильтр сетчатый; *6* — впускной клапан; *7* — нагнетательный клапан; *8* — рычаг; *9* — шток; *10* — ось; *11* и *13* — пружины; *12* — эксцентрик; *14* и *15* — трубопроводы; *16* — отверстие для сообщения с атмосферой

свободно скользить вдоль штока). Мембрана под действием пружины *13* переместится вверх. В полости над мембраной возникает давление горючего, превышающее давление в трубопроводе. В этом случае впускной клапан *6* закрывается и преграждает горючему путь обратно в отстойник, но одновременно открывается нагнетательный клапан и пропускает горючее в трубопровод. Так как производительность насоса в несколько раз превышает потребность двигателя в горючем, то в системе быстро создается давление, уравновешивающее силу поджатой пружины. Тогда шток с мембраной останется на месте или подвинется лишь на небольшую величину и подача горючего в трубопровод прекратится или уменьшится, а рычаг будет качаться вхолостую. Практически шток с мембраной при работе двигателя совершает неполный ход.

Мембрана представляет собой набор дисков из пропитанной специальным составом ткани. Эти диски часто называют диафрагмами, а насос — диафрагменным. Корпус насоса выполняется обычно из легкого сплава.

СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕ В ДВИГАТЕЛЯХ С ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ОТ СЖАТИЯ

Рассмотрим процесс смесеобразования в двигателях с воспламенением от сжатия. Как уже указывалось ранее, рабочая смесь образуется в этих двигателях непосредственно в цилиндре.

В такте впуска цилиндр заполняется чистым воздухом, который сжимается при последующем такте сжатия. Температура воздуха при этом повышается. Когда поршень приблизится к верхней мертвой точке в такте сжатия, начинается впрыск горючего. Горючее, распыливаясь, заполняет камеру сгорания и смешивается с горячим воздухом, происходит смесеобразование. Через некоторый промежуток времени смесь воспламеняется и сгорает, образующиеся газы производят полезную работу.

Нужно отметить, что время для перемешивания горючего с воздухом и создания рабочей смеси крайне ограничено по сравнению с карбюраторным двигателем. Горючее, применяемое в дизелях, значительно хуже испаряется, чем бензин, поэтому условия образования рабочей смеси в дизелях значительно хуже, чем в карбюраторных двигателях. Смесь получается неравномерного состава в различных точках пространства камеры сгорания. В отдельных точках пространства камеры смесь воспламеняется до того, как полностью закончится смесеобразование в других; поэтому горение и смесеобразование в цилиндрах дизеля происходят одновременно. Качество смесеобразования в двигателях с воспламенением от сжатия (в дизелях) зависит от конструкции впрыскивающей аппаратуры и от формы камеры сгорания.

Топливоподающая аппаратура. Топливный насос высокого давления

Аппаратура, с помощью которой производится впрыск горючего, называется *топливоподающей аппаратурой*. В состав топливоподающей аппаратуры входят: топливный насос, форсунки и трубопроводы высокого давления (рис. 42).

Назначение топливного насоса — отмеривать строго определенные порции горючего, одинаковые для каждого

цилиндра многоцилиндрового двигателя. Величина каждой порции должна соответствовать заданному режиму работы, а подача порций в цилиндры должна происходить в строго определенный момент, при одинаковых положениях поршня в цилиндрах (промежутки между впрысками горючего должны быть равными).

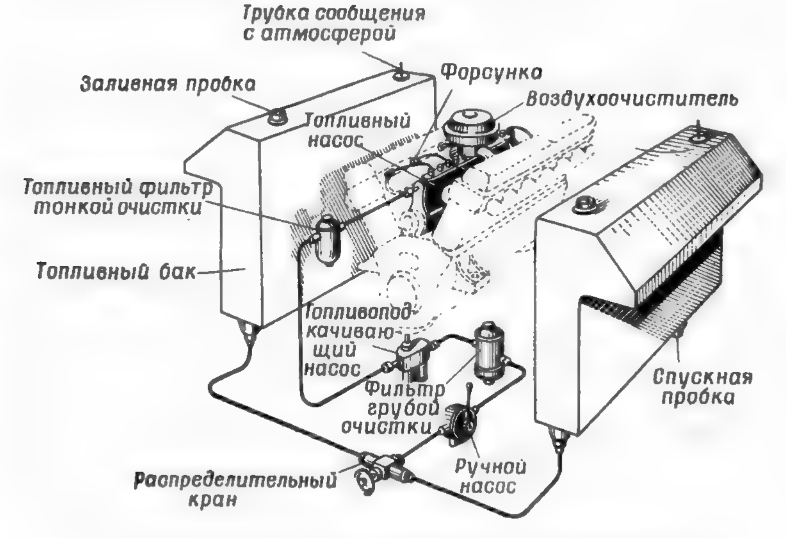


Рис. 42. Схема системы питания двигателя с воспламенением от сжатия

Подавляющее большинство топливных насосов для дизелей — плунжерные. Секция плунжерного топливного насоса представлена на рис. 43.

Основными деталями плунжерного насоса являются плунжер и гильза. Гильза и плунжер изготовляются из высококачественной стали, хорошо противостоящей истиранию. Высокая точность обработки и притирка этих деталей друг к другу обеспечивают высокую плотность и не дают возможности горючему перетекать в щели между стенкой гильзы и боковой поверхностью плунжера. Размер этой щели для новых насосов не превышает двух — трех микронов (двух — трех тысячных миллиметра). Плунжер и гильза используются только в паре и по отдельности не могут быть заменены, так как плотность после такой замены нарушается.

При движении плунжера вниз горючее поступает через впускные окна в гильзу и заполняет объем над плунжером. Когда плунжер, пройдя свою нижнюю мертвую точку, начинает подниматься, горючее возвращается через те же окна обратно в питающий канал, пока окна не будут перекрыты плунжером. После того как плунжер перекроет окна и будет подниматься вверх, давление горючего дойдет до величины, необходимой, чтобы преодолеть сопротивление в трубопроводах, клапанах и форсунке; произойдет впрыск горючего в цилиндр.

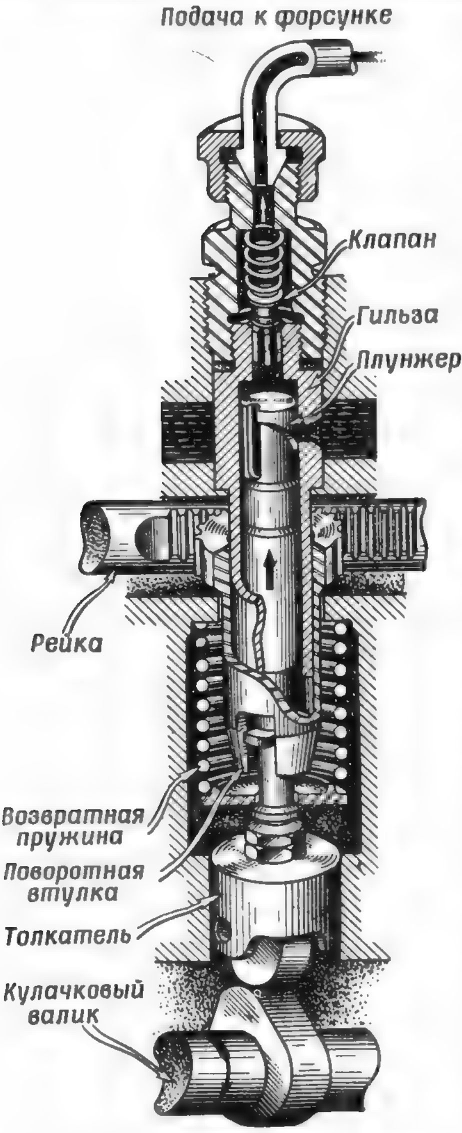


Рис. 43. Секция топливного насоса

Дозирование (отмеривание определенных порций) горючего в зависимости от потребности двигателя может осуществляться различными способами: с помощью запорной иглы в нагнетательной камере, с помощью отсечного клапана, рассчитанного на определенное давление, и с помощью самого плунжера, поворотом его вокруг своей оси.

Последний способ наиболее простой и потому он широко применяется.

Рассмотрим, как регулируется количество подаваемого горючего путем поворота плунжера (рис. 44).

На боковой поверхности плунжера сделан фигурный срез. Этот срез называется отсечной кромкой. Кроме того, в плунжере сделаны продольная и кольцевая канавки. Когда отсечная кромка плунжера находится против отсечного отверстия гильзы, сжатое в надплунжерной

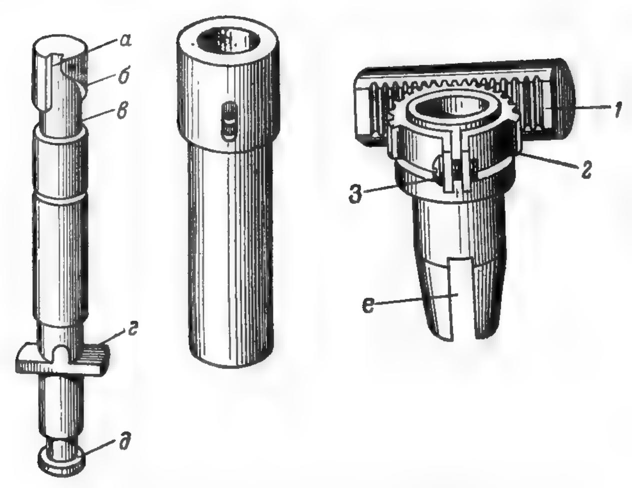


Рис. 44. Плунжер, гильза и поворотная втулка:
а — продольный паз; *б* — спиральная отсечная кромка; *в* — кольцевая выточка; *г* — выступы; *д* — буртик; *е* — вырезы под выступы; *1* — зубчатая рейка; *2* — зубчатый венец; *3* — стяжной винт

полости горючее устремляется через канавки в отсечное окно. Давление резко падает, и подача горючего в цилиндр прекращается. Очевидно, чем большее расстояние плунжер пройдет с момента перекрытия окон до момента открытия окна отсечной кромкой, тем больше будет подано горючего. Следовательно, порция горючего определяется расстоянием между верхним срезом плунжера и отсечной кромкой по вертикальной линии или углом поворота плунжера вокруг своей оси.

Поворот плунжера в гильзе осуществляется зубчатой рейкой, связанной с деталью, называемой поворотной

втулкой, которая в свою очередь связана с плунжером.

Количество плунжерных пар в насосе соответствует количеству цилиндров в двигателе. Каждая пара составляет секцию насоса. Все секции собраны в одном корпусе и получают горючее из одного питательного канала, в который выходят впускные и отсечные окна. Каждая гильза в корпусе занимает определенное положение, в котором и крепится специальным стопорным винтом. Рейка проходит через весь корпус насоса, при ее движении все плунжеры поворачиваются на один и тот же угол.

Плунжеры приводятся в движение толкателями, которые все время соприкасаются с кулачками кулачкового валика насоса. Кулачковый валик, расположенный в нижней части корпуса насоса, приводится во вращение от коленчатого вала двигателя. Он делает один оборот за два оборота коленчатого вала двигателя (в двухтактных двигателях числа оборотов кулачкового валика насоса и коленчатого вала двигателя должны быть равными). Кулачковый валик установлен относительно коленчатого вала так, что подача в каждый цилиндр начинается до того, как соответствующий поршень цилиндра приходит в верхнюю мертвую точку в такте сжатия. Иными словами, после начала впрыска горючего в цилиндр коленчатый вал должен повернуться на некоторый угол, чтобы поршень достиг верхней мертвой точки. Этот угол называется **углом опережения впрыска**. Угол опережения впрыска равен 12—40°, в зависимости от конструкции и числа оборотов двигателя. Например, двигатели ЯАЗ-204 имеют угол опережения, равный 14°, а двигатели типа В2 — 30—32°.

В питающий канал насоса высокого давления горючее подается под небольшим избыточным давлением (0,5 *ат*), создаваемым топливоподкачивающим насосом, описанным выше.

В каждой секции насоса установлен еще нагнетательный клапан (рис. 45). Назначение клапана — обеспечивать повышение давления при нагнетании, резко прекращать подачу при отсечке и сохранять определенное остаточное давление в трубопроводе после отсечки.

Трубопровод высокого давления изготовляется из толстостенных стальных трубок.

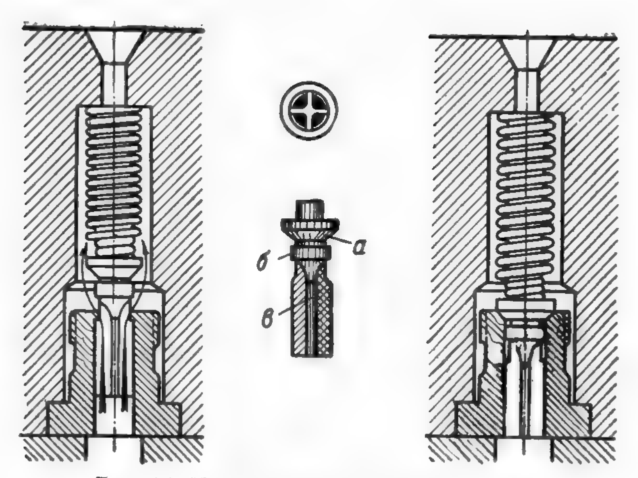


Рис. 45. Нагнетательный клапан и седло:
а — коническая запорная фаска; *б* — цилиндрический разгрузочный поясок; *в* — направляющие для прохода топлива

Форсунки

Горючее впрыскивается в цилиндр при помощи форсунки. Форсунка предназначена для тонкого распыливания горючего и равномерного распределения его в цилиндре. Правильная работа дизеля в значительной степени зависит от нормальной работы форсунки.

Встречаются еще так называемые компрессорные двигатели, у которых распыливание горючего через форсунку осуществляется струей сжатого воздуха. Эта система в современном двигателе не применяется и может встретиться в стационарных двигателях старых конструкций. В таких двигателях в топливоподающую аппаратуру входит еще дополнительный механизм — компрессор с воздушным баллоном.

По принципу работы форсунки можно разделить на открытые и закрытые.

Открытые форсунки отличаются от закрытых тем, что их полость и топливный канал постоянно сообщаются с камерой сгорания.

На рис. 46 изображена форсунка открытого типа. Горючее подается насосом к вертикальному осевому каналу *3*, откуда поступает в распылитель и из отверстий *4* распылителя под высоким давлением в цилиндр. Распы-

лители форсунок делаются различных типов, каждый из которых определяет форму факела распыливания.

Форсунки закрытого типа имеют в распылителе запорную иглу, которая разобщает полость форсунки с камерой сгорания.

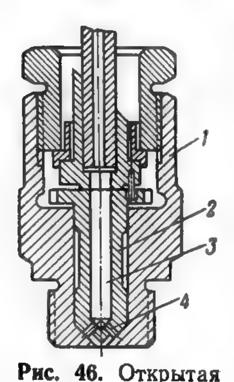


Рис. 46. Открытая форсунка в разрезе:

1 — корпус форсунки; *2* — неподвижная игла; *3* — вертикальный канал; *4* — сопловые отверстия

В настоящее время чаще применяются закрытые форсунки, так как они обеспечивают более тонкое распыливание горючего, лучшее распределение его по камере сгорания и в значительно меньшей степени подвержены подтеканию, которое вредно отражается на процессе сгорания.

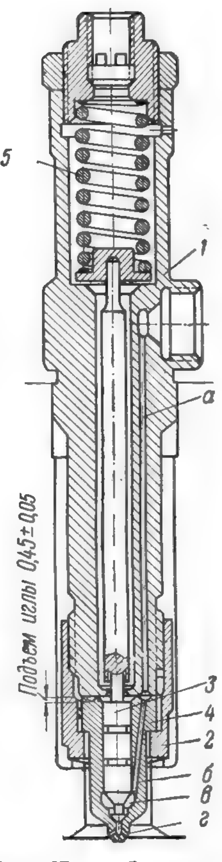


Рис. 47. Закрытая форсунка в разрезе:

1 — корпус; *2* — накидная гайка; *3* — игла распылителя; *4* — корпус распылителя; *5* — пружина иглы; *а* — вертикальный канал; *б* — наклонный канал; *в* — полость распылителя (колодец); *г* — сопловые отверстия

На рис. 47 изображена схема форсунки закрытого типа. Горючее, подаваемое насосом высокого давления, поступает через входное отверстие, вертикальный и наклонный каналы *а* и *б* в полость распылителя *в*. Когда давление поднимется настолько, что оно превысит силу сжатой пружины *5*, запорная игла *3* приподнимется в распылителе *4*. Горючее под большим давлением впрыскивается через сопловые отверстия *г* в камеру сгорания. Как только в насосе прекратится подача (произойдет отсечка), игла под действием пружины сейчас же садится на свое место и выход горючего через сопловые отверстия прекращается. Путем предварительного поджатия пружины можно заставить иглу подниматься по достижении нужного давления.

Точность изготовления иглы и корпуса распылителя такая же, как и плунжерных пар топливного насоса. После совместной притирки эти детали работают только в паре, не отделяясь друг от друга.

Давление впрыска может достигать весьма значительной величины (900—1000 *ат*). Чем выше давление впрыска, тем тоньше распыливается горючее и тем лучше смесеобразование. Однако для получения такого давления требуется особо прочная и точно изготовленная аппаратура.

Насос-форсунки

В настоящее время на двухтактных двигателях с воспламенением от сжатия применяют насос и форсунку, объединенные в одном агрегате. Такой агрегат, называемый насос-форсункой, устанавливается в каждом отдельном цилиндре.

Преимущества насос-форсунки над насосом и форсункой, устанавливаемыми раздельно, заключаются в том, что начало и конец впрыска могут быть установлены более точно. С помощью насос-форсунок достигается более равномерное распределение горючего по цилиндрам и более точное чередование подач. Кроме того, в насос-форсунке можно создать большое давление впрыска, что улучшает распыливание горючего.

Насос-форсунка показана на рис. 48. Горючее от подкачивающего насоса поступает к штуцеру *14* и через фильтр *13* по вертикальному каналу *9* — в кольцевую полость *26* вокруг гильзы *25* насос-форсунки. Из кольцевой полости через отверстия *8* и *27* горючее проходит в подплунжерную полость. Излишнее горючее поднимается по вертикальному каналу *23* и через фильтр *21* и штуцер *20* возвращается в бак.

Когда плунжер насос-форсунки находится вверху, горючее заполняет полость под плунжером. Когда плунжер опускается, отверстие *27* перекрывается нижней кромкой плунжера. Горючее перетекает через продольную и поперечную проточки в плунжере в кольцевую канавку. Как только верхняя фигурная кромка кольцевой канавки плунжера перекроет верхнее отверстие *8* гильзы, в подплунжерной полости повышается давление, открываются плоский *6* и обратный *4* клапаны в распылителе и горю-

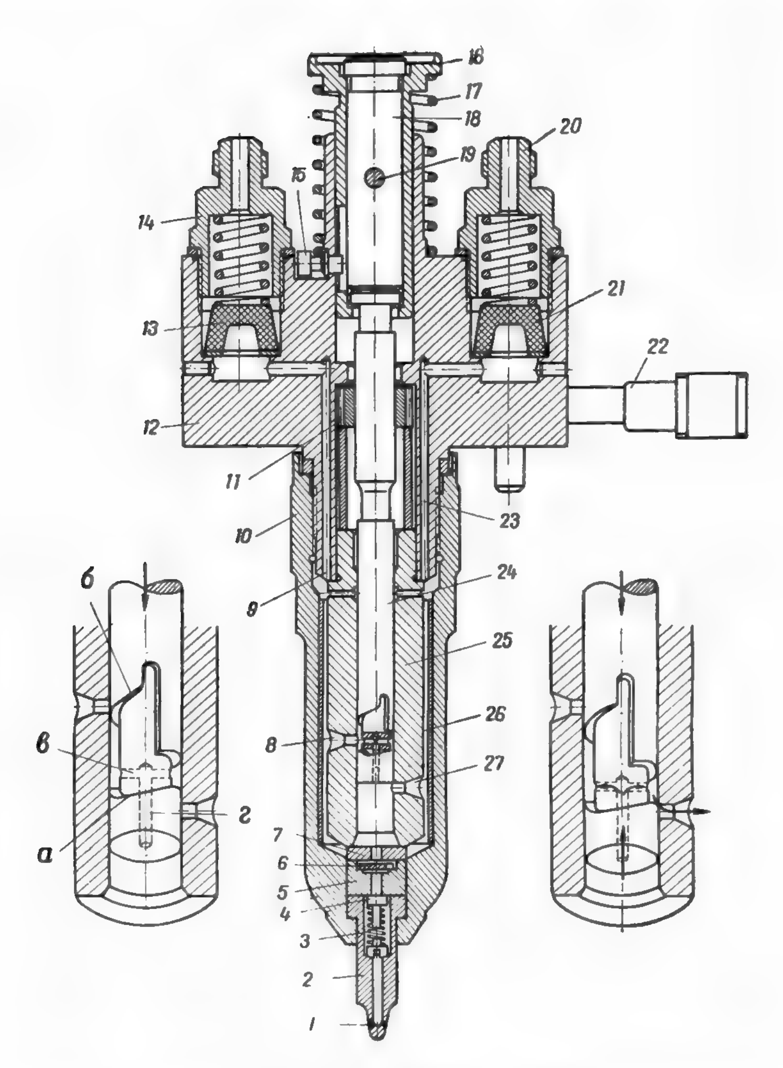


Рис. 48. Насос-форсунка в разрезе:

1 — отверстия распылителя; *2* — распылитель; *3* — пружина; *4* — обратный клапан; *5* — седло; *6* — плоский клапан; *7* — седло; *8* — верхнее отверстие гильзы; *9* — канал; *10* — накидная гайка; *11* — шестерня; *12* — корпус; *13* — фильтрующий элемент; *14* — штуцер; *15* — штифт; *16* — направляющая втулка; *17* — пружина; *18* — толкатель; *19* — шпилька; *20* — штуцер; *21* — фильтр; *22* — зубчатая рейка; *23* — канал; *24* — плунжер; *25* — гильза; *26* — кольцевая полость; *27* — нижнее отверстие гильзы; *а* — нижняя спиральная кромка; *б* — верхняя спиральная кромка; *в* — диаметральное отверстие; *г* — осевое отверстие

чее впрыскивается в цилиндр. Впрыск продолжается до тех пор, пока нижняя фигурная кромка не откроет нижнего окна гильзы. Тогда горючее из подплунжерной полости по проточкам устремляется в кольцевую канавку и оттуда через нижнее окно — в кольцевую полость. Давление в распылителе резко снижается, вследствие чего закрывается обратный клапан и впрыск прекращается.

Увеличение или уменьшение количества горючего достигается поворотом плунжера. При повороте плунжера в насос-форсунке изменяется также и момент начала подачи (с увеличением количества впрыскиваемого горючего увеличивается угол опережения начала подачи). Для поворота плунжера в средней части его посажена шестерня *11*, связанная с зубчатой рейкой *22*. Все рейки приводятся в действие при помощи специального валика. Привод к насос-форсунке выполнен так же, как и привод к клапанам газораспределения.

Формы камеры сгорания

Большую роль в качестве смесеобразования в дизелях играет форма камеры сгорания, так как камера сгорания должна обеспечивать завихрение поступающего воздуха. При впрыске горючего в воздух, совершающий вихреобразное движение, происходит более равномерное перемешивание горючего с воздухом, более интенсивное испарение горючего и более эффективное его сгорание.

В некоторых двигателях с воспламенением от сжатия камеры сгорания выполняют раздельными. На рис. 49 изображены камеры сгорания различной формы. Стрелки показывают направление движения воздуха в камерах. Вследствие разделения камер сгорания в той части, куда впрыскивается горючее, удается увеличить вихревое движение воздуха, что в значительной степени улучшает смесеобразование и позволяет применять невысокое давление впрыска. Кроме того, при разделенных камерах двигатель работает мягче, так как давление нарастает медленнее, чем в неразделенных камерах. В некоторых двигателях с разделенными камерами удается получить бóльшую мощность с каждой единицы рабочего объема благодаря лучшему смесеобразованию. Однако разделенные камеры имеют и ряд недостатков, в частности, повышается удельный расход горючего и затрудняется запуск.

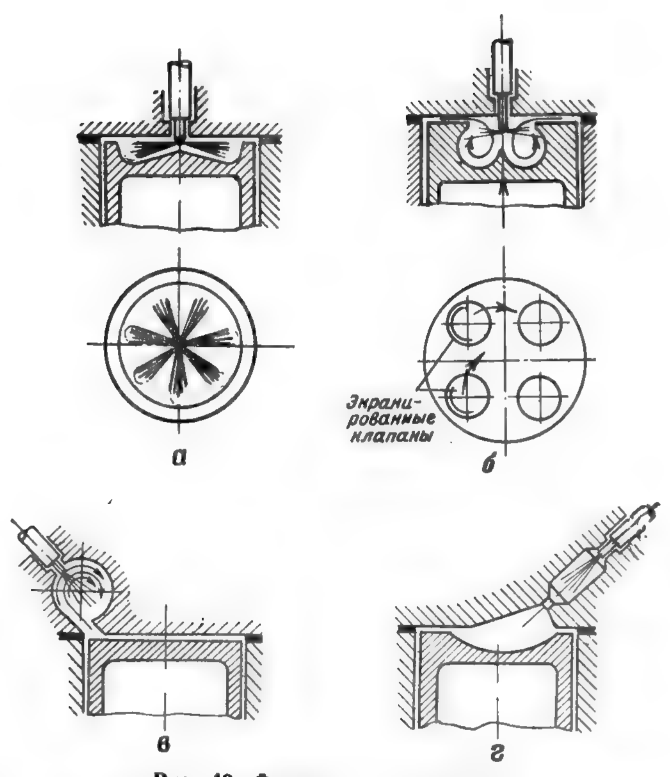


Рис. 49. Формы камер сгорания:

а — неразделенная; *б* — неразделенная с созданием завихрения воздуха и экранированными клапанами; *в* — разделенная с вихревой камерой; *г* — разделенная с предкамерой

Для лучшего завихрения воздуха в камере сгорания с непосредственным впрыском впускные клапаны часто выполняют с козырьками, сообщающими завихрение воздушному потоку, заполняющему цилиндр.

Фильтрация горючего

Горючее и воздух, составляющие рабочую смесь, должны быть всегда чистыми, так как засорение их посторонними примесями вызывает преждевременный износ деталей двигателя.

Двигатель не может работать нормально, если горючее содержит механические примеси и воду. В карбюраторном двигателе частицы механических примесей могут

засорить карбюратор и нарушить смесеобразование. Вода в горючем также нарушает процесс смесеобразования и сгорания, зимой капельки воды в горючем могут образовать ледяные пробки в системе подачи. Наличие воды в горючем, кроме того, вызывает ржавление деталей топливной системы, особенно внутренних поверхностей баков. Работа дизеля на загрязненном горючем вызывает преждевременный износ деталей топливоподающей аппаратуры — насоса высокого давления и форсунок.

Каждая тонна жидкого горючего, поступающего на питание двигателей, всегда содержит 200—300 *г* механических примесей. Эти примеси попадают в горючее при перевозке, хранении и заправке. Бо́льшая часть засоряющих горючее примесей представляет собой мельчайшие частицы, которые подобно пыли в воздухе легко держатся во всех слоях жидкости. При длительном спокойном состоянии горючего засоряющие примеси осаждаются на дно резервуара, причем скорость их осаждения зависит от вязкости горючего. Так, в бензине примеси осаждаются в несколько раз быстрее, чем в дизельном топливе.

Из сказанного ясно, что для очистки горючего и предотвращения преждевременного выхода из строя двигателя необходимы фильтры. Фильтр устанавливают на пути движения горючего от бака до карбюратора или до топливного насоса высокого давления.

К фильтру предъявляют следующие требования: в течение длительного времени высококачественная очистка горючего, малое сопротивление потоку горючего, нечастый и несложный уход и обслуживание, небольшие габариты. Для транспортных двигателей небольшие габариты фильтра особенно важны.

Каждый фильтр состоит из стакана (корпуса) и фильтрующего элемента. Корпус служит одновременно отстойником, в котором скапливаются вода и отфильтрованная грязь.

В карбюраторных двигателях часто ограничиваются постановкой сетчатого фильтра в топливоподкачивающем насосе или в карбюраторе. Помимо этого, всегда ставятся фильтрующие сетки в заливную горловину бака и на конец заборного трубопровода.

Сетчатый фильтр в бензиновом насосе обозначен на рис. 41 цифрой *5*. На рис. 50 изображены бензиновые

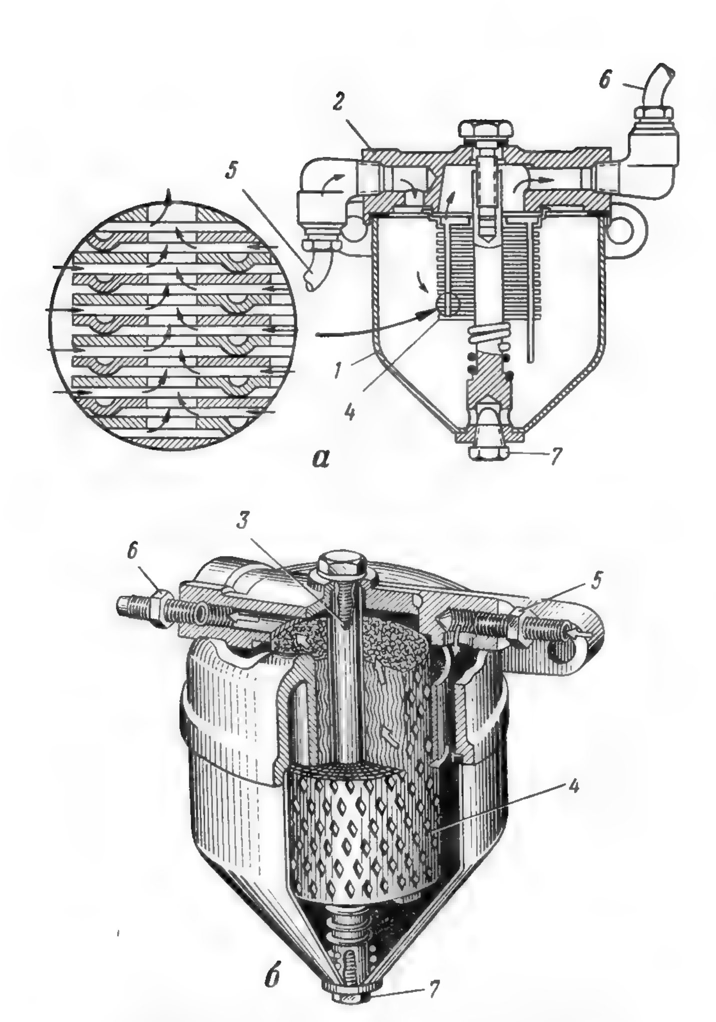


Рис. 50. Фильтры автомобильных двигателей:

а — пластинчато-щелевой; *б* — сетчатый
1 — корпус (стакан); *2* — крышка; *3* — центральный стержень; *4* — фильтрующий элемент; *5* — входной патрубок; *6* — выходной патрубок; *7* — спускная пробка

фильтры-отстойники, применяемые на автомобильных двигателях. Один из них называется пластинчато-щелевым, другой — сетчатым. Пластины изготовляют из латуни, сетку — из оцинкованной стали. Процесс фильтрации в обоих случаях происходит одинаково. Горючее, увлекаемое насосом, проходит по трубопроводу из бака в корпус фильтра. Здесь движение горючего происходит во много раз медленнее, чем в трубе. Вследствие этого много механических примесей оседает на дно стакана. Оставшиеся в горючем частицы подходят к фильтрующему элементу; если они больше 0,05 *мм*, то остаются на поверхности элемента, впоследствии постепенно опускаются. Ширина щелей между пластинами составляет 0,05 *мм*.

Особое значение имеет очистка горючего для дизелей, так как зазоры в топливоподающей аппаратуре составляют два — три микрона, а твердые частицы могут нанести на трущиеся поверхности риски и царапины. Поэтому в системах питания двигателя с воспламенением от сжатия устанавливаются фильтры, имеющие обычно две ступени очистки, не считая простейших фильтрующих устройств, устанавливаемых в заливных горловинах баков и заборных трубопроводах. В качестве первой ступени очистки (так называемой ступени грубой очистки) горючего используются фильтры пластинчато-щелевые или сетчато-щелевые, работающие подобно описанным выше. Вторая ступень очистки — тонкая очистка — осуществляется более совершенными фильтрами. В качестве фильтрующего элемента ставится фетр или специальная набивка из хлопчатобумажного полотна или из минеральной шерсти.

На рис. 51 представлен в разрезе топливный фильтр тонкой очистки с фетровым фильтрующим элементом. Как и в любом случае, фильтр состоит из стакана *1* с крышкой, в котором с помощью центральной шпильки *4* укреплен набор фильтрующих фетровых пластин *2*. Пластины имеют посередине отверстие, которым насаживаются на сетчатую трубку, заключенную в шелковый чехол. Весь пакет в сборе с сетчатой трубкой *6* надевается на центральную шпильку и сжимается силой 12—14 *кг*. Диаметр сетчатой трубки значительно больше диаметра стяжной шпильки, так что в сетчатой трубке помещается еще трубка, по которой горючее отводится после филь-

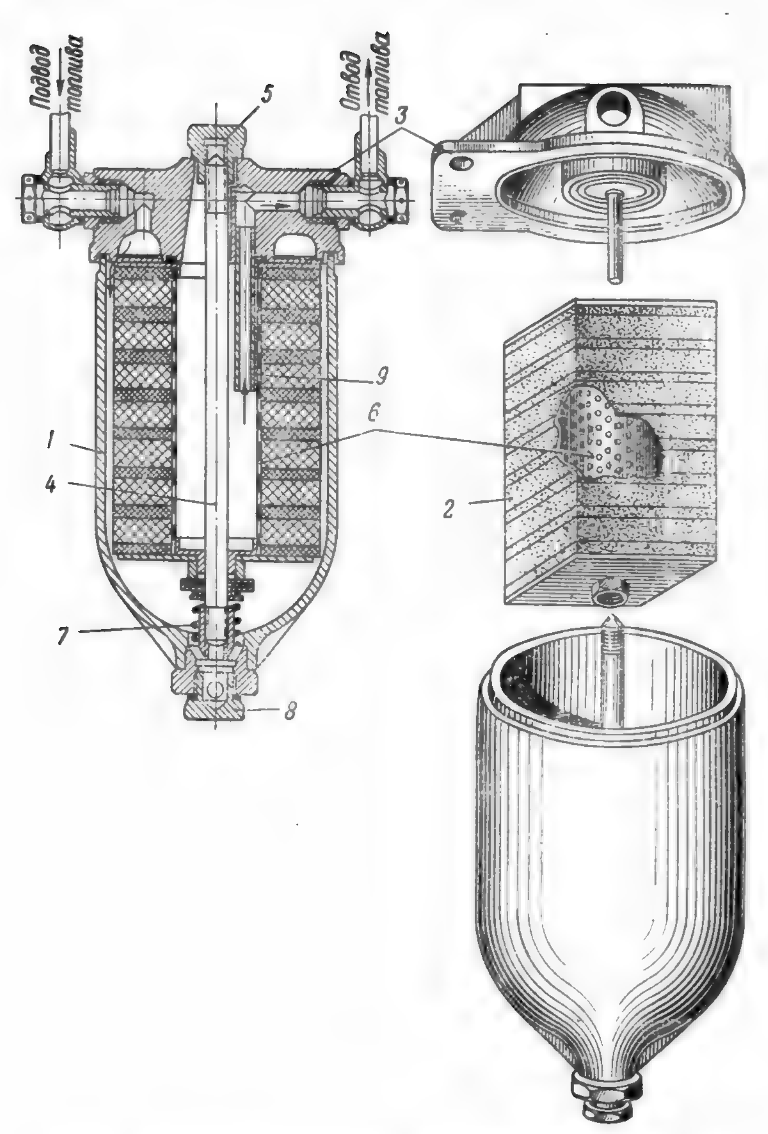


Рис. 51. Фильтр тонкой очистки с фетровым фильтрующим элементом:

1 — стакан; *2* — фильтрующие фетровые пластины; *3* — крышка; *4* — стяжная шпилька; *5* — гайка стяжной шпильки; *6* — сетчатая трубка; *7* — пружина; *8* — пробка; *9* — отводная трубка

трации. Горючее, подводимое через штуцер *А*, заполняет стакан и под давлением, создаваемым топливоподкачивающим насосом, просачивается через толщу фетровых пластин, через шелковый чехол внутрь сетчатой трубки. Отсюда через отводную трубку *9* и штуцер оно направляется к питающему каналу топливного насоса высокого давления. Частицы механических примесей, превышающие по своим размерам размеры пор в фетровых пластинах, задерживаются на поверхности фильтрующего пакета или на некоторой глубине от поверхности. Фетровые пластины обычно задерживают механические частицы размером более 15 микрон. Однако из-за того, что не удается получить равномерную плотность набора фетровых пластин, эти фильтры пропускают и более крупные частицы размером до 40 микрон.

Фильтры описанного образца в состоянии задержать от 75 до 90% всех примесей, содержащихся в горючем, причем, по мере увеличения продолжительности работы фильтра, количество задерживаемых механических частиц увеличивается. К сожалению, когда фильтр в состоянии задерживать наибольшее количество частиц, сильно падает его пропускная способность и его необходимо снимать для промывки и переборки.

Фильтрация дизельного топлива несколько затруднена в сравнении с фильтрацией бензина вследствие более высокой вязкости дизельного топлива и соответственно большему сопротивлению фильтра при проходе через него дизельного топлива. Кроме того, по мере работы фильтра на двигателе, сопротивление фильтра потоку горючего возрастает, так как все больше пор закупоривается различными отложениями. Это обстоятельство заставляет помещать фильтры тонкой очистки после топливоподкачивающего насоса, чтобы фильтрация горючего происходила под некоторым давлением.

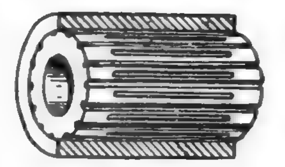




Рис. 52. Шариковый и щелевой форсуночные фильтры

Для фильтрации горючего в двигателях с воспламенением от сжатия не ограничиваются использованием фильтров тонкой очистки. В насос-форсунках, так же как и

в форсунках некоторых типов, устанавливаются дополнительно фильтры (рис. 52). Назначение их — не пропускать грязь в распылитель, отверстия которого не превышают в диаметре 0,25 *мм* (в насос-форсунках — 0,15 *мм*), а зазоры между корпусом распылителя и иглой составляют 2—3 микрона.

Фильтрующий элемент насос-форсунки представляет собой усеченный конус из сваренных между собой латунных шариков. Основанием конуса служит омедненное стальное кольцо. Шарики имеют диаметр в пределах 0,3—0,4 *мм*, проходы между ними очень малы в сечении и чрезвычайно извилисты. Вследствие этого мельчайшие частицы примесей, дошедшие до насос-форсунки, задерживаются ее фильтром. В последнее время в форсунках и насос-форсунках применяется щелевой фильтр. Щелевой фильтр состоит из двух цилиндров, из которых один плотно входит в другой. На наружной поверхности меньшего цилиндра прорезаны канавки. Они начинаются от торца, но не доходят до противоположного торца на несколько миллиметров. Диаметр внутреннего цилиндра посередине несколько уменьшен. Горючее поступает в подводящие канавки с торца фильтра, проходит по канавке между цилиндрами, но так как выхода из канавок нет, в середине фильтра горючее вынуждено изменить направление и пройти через очень узкую щель между цилиндрами. Таким путем горючее проникает в соседнюю канавку, которая ведет к противоположному торцу, и далее — в колодец форсунки. Механические частицы не могут проникнуть через такую узкую щель и остаются в подводящей канавке.

ГОРЮЧЕЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ В ДВИГАТЕЛЯХ

Сорт горючего, на котором работает тот или иной двигатель, выбирается, исходя из конструкции двигателя, его назначения и условий работы. От горючего для двигателей внутреннего сгорания требуется, чтобы после его сгорания не оставались твердые зольные остатки.

Все сорта горючего в Советском Союзе стандартизованы.

В двигателях с карбюраторным смесеобразованием употребляют легкое горючее, способное испаряться при обычных условиях. К такому горючему относятся бен-

зины различных сортов, керосины, лигроин. Из различных видов горючего наиболее распространен бензин. Для автомобильных двигателей, например, предусмотрены бензины марок А-66, А-70 и А-74. Цифры указывают октановое число бензина. Октановым числом называется условное число, показывающее противодетонационные качества бензина. Чем выше октановое число бензина, тем более стойким оказывается горючее против детонации. Для авиационных двигателей, имеющих повышенную степень сжатия, требуются особенно высокосортные бензины, способные сгорать без детонации. Стандартом предусмотрены пять сортов авиационных бензинов: Б-70, Б-91/115, Б-93/130, Б-95/130 и Б-100/130. Цифры и здесь выражают антидетонационные свойства, причем для авиационных бензинов введена, кроме октанового числа, еще одна оценка — сортность, условно характеризующая противодетонационную стойкость бензина в богатых смесях. Качество, определяемое «сортностью», очень важно для авиационных двигателей в самый напряженный момент их работы — на взлете.

Двигатели с воспламенением от сжатия работают на так называемом тяжелом горючем — натуральной нефти, мазуте, дизельном топливе и т. д. Тяжелое горючее отличается от легкого более высокой температурой кипения и неспособностью хорошо испаряться при обычных условиях. Промышленные стационарные, так же как и судовые двигатели, в подавляющем большинстве случаев работают на соляровых маслах и мазутах.

Для транспортных двигателей и двигателей боевых машин предусмотрены три сорта дизельного топлива: дизельное летнее (марка ДЛ), дизельное зимнее (ДЗ) и дизельное арктическое (ДА). Эти сорта отличаются друг от друга температурой застывания и употребляются соответственно сезону эксплуатации.

Кроме жидкого горючего, в двигателях внутреннего сгорания употребляется газообразное горючее. Газ может вырабатываться непосредственно для данного двигателя в специальных газогенераторных установках или подаваться к двигателю из баллонов, где он сжат до высокого давления (200 *ат*). Помимо генераторного, может употребляться естественный, светильный газ, и реже газы, получаемые как побочные продукты в различных производствах.

Глава III

ПИТАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВОЗДУХОМ

Влияние пыли на износ

В воздухе, окружающем и питающем двигатель, всегда содержится пыль. Пыль представляет собой мелко раздробленные частицы почвы или отходов промышленного производства. Мельчайшие частицы пыли легко поднимаются воздухом и могут удерживаться в нем длительное время.

Главной составной частью пыли являются частицы кремнезема (песка), твердость которых намного превышает твердость поверхностей деталей двигателя.

Пыль, проникающая вместе с воздухом в цилиндры двигателя, попадает на детали, смазанные маслом, смешивается с ним и образует состав, подобный наждачной пасте. Наличие пыли в двигателе приводит к чрезмерному износу его деталей. Износ деталей цилиндро-поршневой группы вызывает падение мощности двигателя, увеличивает расход горючего и смазки и в конечном итоге значительно раньше времени двигатель выходит из строя. Следует иметь в виду, что 1 *г* пыли, попавшей в цилиндр, «стирает» со стенки гильзы 0,2—0,3 *г* металла. Вот почему на всех двигателях внутреннего сгорания, работающих в условиях запыленного воздуха, устанавливают специальные устройства — воздухоочистители, предназначенные для защиты двигателей от пыли.

Способы очистки воздуха

К воздухоочистителю предъявляются два основных требования: 1) полная очистка воздуха от пыли и 2) малое сопротивление потоку проходящего воздуха.

Из существующих способов очистки воздуха от пыли получили распространение инерционный способ и фильтрация.

Инерционный способ очистки основан на том, что при изменении по величине или направлению скорости потока воздуха, содержащего пыль, частицы пыли, как более тяжелые, чем частицы воздуха, некоторое время сохраняют свое направление и выпадают из потока. Сохранять свою скорость и направление заставляет их сила инерции, по-

чему и способ назван инерционным. Для того чтобы осуществить очистку от пыли этим способом, путь воздушного потока усложняется резкими поворотами на больших скоростях потока.

Очистка воздуха от пыли фильтрацией по существу ничем принципиально не отличается от фильтрации жидкостей. Пыль улавливается из воздуха порами фильтрующего элемента, установленного на пути воздушного потока.

В большинстве случаев оба способа применяются совместно, так как каждый в отдельности имеет ряд недостатков и не обеспечивает доброкачественную очистку.

Устройство и работа воздухоочистителей

Рассмотрим, как работают воздухоочистители наиболее распространенного типа. На рис. 53 приведена схема комбинированного воздухоочистителя, устанавливаемого обычно на автомобильных или тракторных двигателях. Разрежение во впускном трубопроводе заставляет воздух устремляться через воздухоочиститель в карбюратор. Вход в воздухоочиститель представляет собой кольцевую щель между крышкой *2* и корпусом *1*. Сразу же при входе, огибая стенку корпуса, воздух дважды меняет свое направление и проходит над поверхностью масляной ванны. При изменении направления воздушного потока тяжелые частицы пыли продолжают двигаться по инерции, выпадают из потока и остаются в масляной ванне. Воздух же проходит через фильтрующий элемент (свернутая металлическая сетка или набивка из прово-

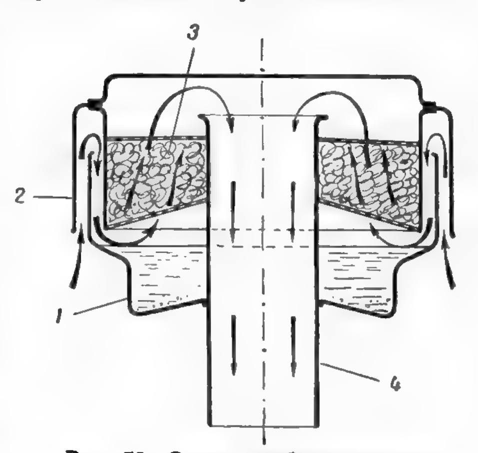


Рис. 53. Схема комбинированного воздухоочистителя:
1 — корпус; *2* — крышка; *3* — фильтрующий пакет; *4* — центральная труба

лочной канители, смазанная маслом), где задерживаются оставшиеся еще в воздухе наиболее мелкие частицы, прилипающие к смазанному элементу, и поступает очищенным в карбюратор.

На рис. 54 изображен воздухоочиститель мультициклон, устанавливаемый на танковых двигателях. Очистка воздуха, так же как и в описанном выше воздухоочистителе, ведется в две ступени: первая ступень — инерционная, вторая ступень — фильтрующая. Для инерционной очистки используется конструкция, известная под названием «циклон». Циклон представляет собой полый цилиндр, переходящий в нижней части в конус. Внутри первого цилиндра находится второй полый цилиндр, по наружной стенке которого выполнена спираль *8* для направления воздуха. Входящий в окно воздух приобретает в циклоне вращательное движение. Наиболее тяжелые частицы пыли под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам циклона, теряют свою скорость и оседают в пылесборник (бункер) *5*. Завихренный воздух, пройдя в нижнюю часть циклона, резко меняет свое

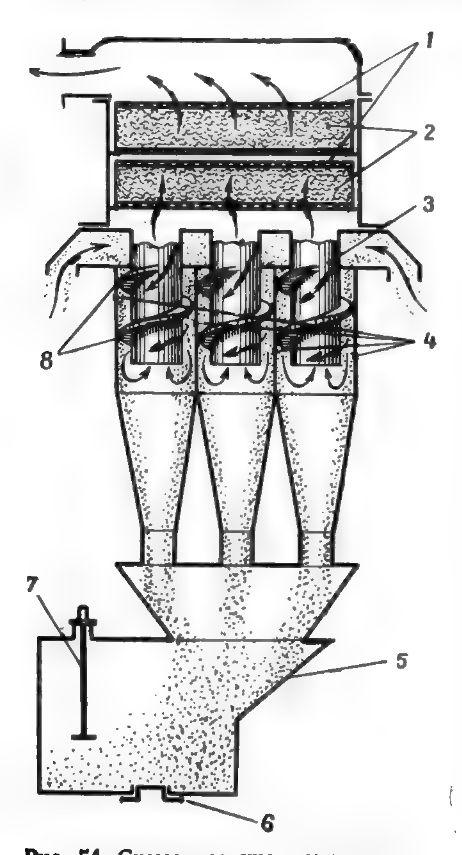


Рис. 54. Схема воздухоочистителя типа Мультициклон:

1 — сетки; *2* — фильтрующие пакеты; *3* — внутренние трубки; *4* — наружные трубки циклонов; *5* — бункер; *6* — пробка; *7* — щуп; *8* — направляющая спираль

направление и проходит через центральную трубку вверх, во вторую ступень воздухоочистителя.

Во второй ступени воздух, содержащий незначительное количество пыли, подвергается окончательной очистке фильтрующими пакетами *2*.

Воздухоочистители устанавливаются на патрубок карбюратора (в карбюраторных двигателях) или на патрубок впускного трубопровода (в двигателях с воспламенением от сжатия). При длительной работе в пыльных условиях в воздухоочистителях постепенно накапливается большое количество пыли, вследствие чего понижается эффективность очистки и повышается сопротивление проходу воздуха. Воздухоочистители поэтому периодически очищаются.

Глава IV

ЗАЖИГАНИЕ И ГОРЕНИЕ СМЕСИ

Получение электрической искры

Для того чтобы рабочая смесь, поступившая в цилиндр или приготовленная в самом цилиндре, воспламенилась и произошел нормальный процесс сгорания, ее необходимо нагреть. Эта задача выполняется самим двигателем в такте сжатия. На такте сжатия температура рабочей смеси в цилиндре (для карбюраторного двигателя) или температура смеси (для дизеля) повышается.

Однако для карбюраторных двигателей, работающих на бензинах, недостаточно только нагреть рабочую смесь, ее еще необходимо воспламенить. Воспламенить смесь в цилиндре можно электрической искрой. Как же получить электрическую искру внутри цилиндра? Для этого существуют специальные приборы зажигания.

Искра возникает, если электрический ток пробивает на своем пути воздушный промежуток в цепи. Но для того, чтобы пробить воздушный промежуток длиной в несколько десятых долей миллиметра, необходимо очень высокое напряжение, величина которого составляет 15 000—20 000 *в*. Для сравнения вспомним, что аккумуляторная батарея, обслуживающая автомобиль, имеет напряжение всего 6 или 12 *в*.

Такое высокое напряжение можно получить, если воспользоваться катушкой зажигания, позволяющей преобразовать ток низкого напряжения в ток высокого

напряжения. Электрический ток низкого напряжения для питания катушки можно подвести от аккумуляторной батареи. В этом случае имеем **батарейное зажигание**. Для получения тока высокого напряжения применяется также специальный электрический генератор, объединенный с катушкой зажигания и другими дополнительными устройствами для получения электрической искры. Этот генератор носит название **магнето** (зажигание от магнето).

Устройство и работа приборов зажигания

Схема катушки зажигания представлена на рис. 55. Катушка состоит из сердечника, на котором намотаны

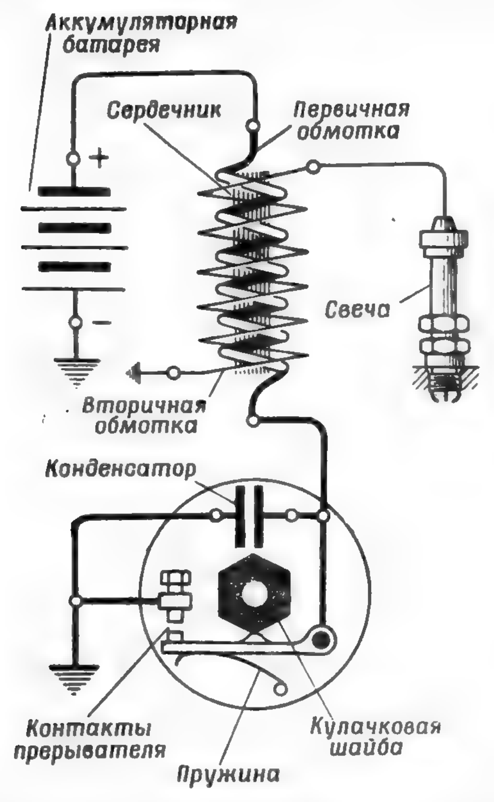


Рис. 55. Схема катушки зажигания и ее включения

две обмотки. Первая обмотка выполнена из небольшого числа витков. Она включена в цепь низкого напряжения, питаемую аккумуляторной батареей. У второй обмотки во много раз больше витков. Когда в первой обмотке идет ток от аккумуляторной батареи или от генератора, во второй обмотке тока нет. Но в момент разрыва цепи низкого напряжения во второй обмотке появляется ток, причем его напряжение будет во столько раз выше, во сколько раз больше витков у второй обмотки. Первая обмотка называется первичной обмоткой, вторая — вторичной.

Вокруг проводника, по которому идет ток, образуется магнитное поле. Если силовые линии этого поля пересекают другой проводник, то в нем наводится электрический ток, причем напряжение тока тем выше, чем больше скорость изменения напряженности магнитного поля. Если проводник находится в магнитном поле, но напряженность поля не меняется, то и ток в проводнике не возникает. На этом принципе основано устройство трансформаторов, работающих в сетях переменного тока. Катушка зажигания представляет собой такой же трансформатор, только ток в первичной обмотке изменяется не непрерывно, а исчезает в момент разрыва цепи низкого напряжения, вследствие чего исчезает и магнитное поле. Магнитное поле, быстро исчезая, пересекает витки вторичной обмотки и наводит в ней ток высокого напряжения.

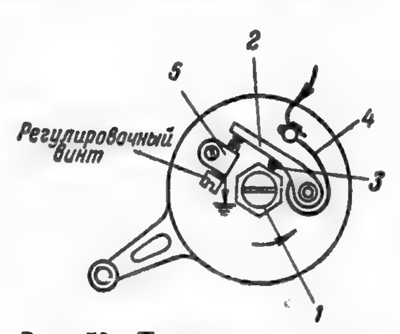


Рис. 56. Прерыватель шестицилиндрового двигателя:

1 — кулачковая шайба; *2* — подвижный контакт; *3* — фибровая проставка; *4* — пружина подвижного контакта; *5* — неподвижный контакт

Для размыкания цепи низкого напряжения, очевидно, нужно специальное устройство. В системе зажигания ставится для этой цели прерыватель (рис. 56). Он представляет собой диск, на котором укреплены два контакта — подвижный и неподвижный. Подвижный контакт связан с кулачковой шайбой на приводном валике, который вращается, имея привод от коленчатого вала двигателя. Ку-

лачковая шайба устанавливается так, чтобы цепь разрывалась точно в нужный момент. Параллельно контактам прерывателя включается конденсатор. Назначение конденсатора — обеспечивать быстрое исчезновение магнитного поля в катушке в момент разрыва и предохранять контакты от искрения и обгорания.

Полученный электрический ток высокого напряжения необходимо подвести к цилиндрам двигателя в порядке их работы. Для этого служит распределитель (рис. 57).

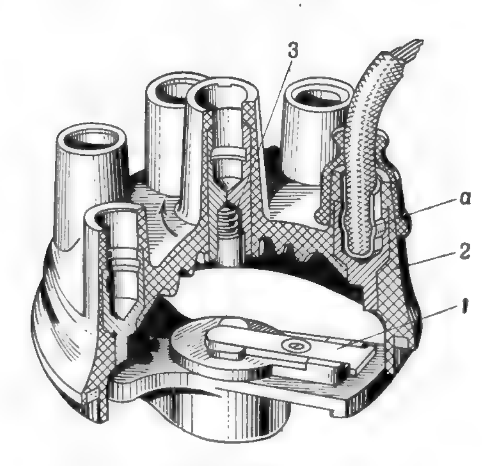


Рис. 57. Распределитель шестицилиндрового двигателя:

1 — ротор с подвижным контактом: *2* — крышка с неподвижными контактами *а*; *3* — скользящий контакт

Распределитель устроен в одном агрегате с прерывателем. Он состоит из одного подвижного и стольких неподвижных контактов, сколько цилиндров имеет двигатель. Подвижный контакт заделан в ротор, изготовленный из электроизоляционного материала. Ротор с подвижным контактом посажен на конец валика распределителя и заодно с ним вращается. В течение рабочего цикла в строго определенное время ротор подключает каждый цилиндр к цепи высокого напряжения.

Ротор связан проводом высокого напряжения с вторичной обмоткой катушки зажигания, а неподвижные контакты — с цилиндрами двигателя.

В цилиндрах двигателя для получения электрического разряда (искры) установлены специальные разрядники, которые называются **искровыми зажигательными свечами**.

Электрическая искровая зажигательная свеча (рис. 58) состоит из корпуса и сердечника. В нижней части корпуса свечи имеется резьба для ввертывания в отверстие в головке блока цилиндров, а в верхней части — грани под

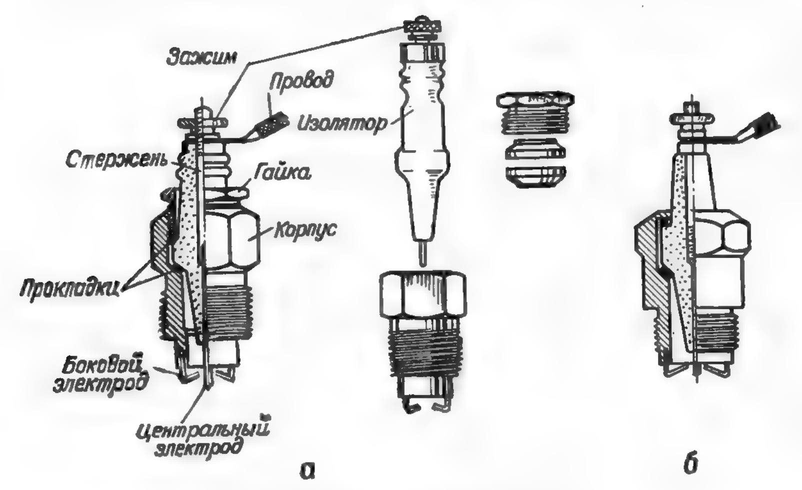


Рис. 58. Искровая зажигательная свеча:
а — разборная; *б* — неразборная

гаечный ключ. К нижней кромке корпуса приварены боковые электроды. Сердечник, сделанный в виде стержня, заключен в изолятор и помещен внутри корпуса. Он является центральным электродом.

В качестве изолятора употребляется главным образом фарфор. Между центральным и боковым электродами имеется зазор в 0,3—0,5 *мм*. Это и есть воздушный промежуток, который должен быть пробит током высокого напряжения, чтобы возникла искра. Вверху стержень оканчивается зажимом для присоединения провода высокого напряжения от соответствующего неподвижного контакта распределителя.

Свечи делаются разборными и неразборными. В разборной свече имеется гайка, зажимающая сердечник в корпусе. В неразборной свече для крепления установлен-

ного сердечника верхняя кромка корпуса выполнена в виде бортика. В корпусе сердечник уплотняется прокладками. Свечи вырабатываются промышленностью в нескольких вариантах. Отличаются они внешним видом и диаметром резьбы, так что свеча, пригодная для одного двигателя, не подходит для другого.

Общая схема батарейного зажигания представлена на рис. 59. В тот момент, когда контакты прерывателя размыкаются и во вторичной обмотке катушки возникает ток высокого напряжения, распределитель подключает очередной неподвижный контакт. В цепь высокого напря-

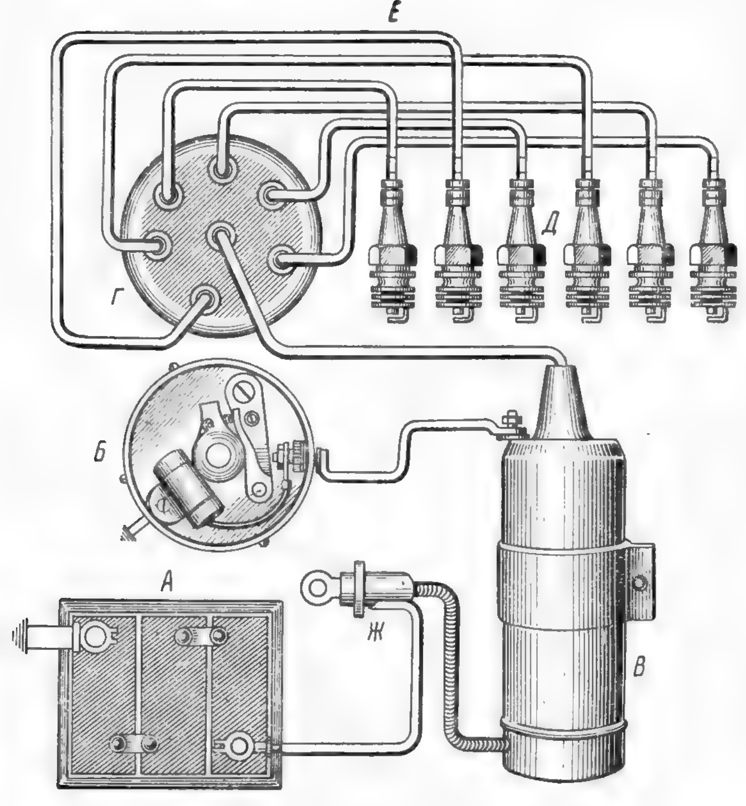


Рис. 59. Схема батарейного зажигания:

А — аккумуляторная батарея; *Б* — прерыватель; *В* — катушка зажигания (бобина); *Г* — крышка распределителя; *Д* — запальные свечи; *Е* — провода высокого напряжения; *Ж* — замок зажигания

жения включается свеча. Ток высокого напряжения пробивает искровой воздушный промежуток, и между электродами свечи проскакивает искра. Эта искра и «поджигает» сжатую и нагретую в цилиндре рабочую смесь.

Зажигание от магнето принципиально отличается от батарейного зажигания только тем, что ток низкого напряжения подается здесь не аккумуляторной батареей или каким-либо посторонним источником тока, а вырабатывается в самом магнето. В магнето монтируются прерыватель для размыкания цепи низкого напряжения, трансформатор с первичной и вторичной обмотками, преобразующий ток низкого напряжения в ток высокого напряжения, и распределитель, подключающий в цепь высокого напряжения свечи.

Зажигание от магнето в настоящее время применяется значительно реже, чем батарейное. Его можно встретить главным образом на маломощных одно- и двухцилиндровых двигателях стационарного типа, на некоторых мотоциклетных и тракторных двигателях.

Опережение зажигания. Скорость сгорания смеси

Воспламенение рабочей смеси в цилиндре должно происходить в строго определенный момент. Так как требуется некоторое время для того, чтобы смесь воспламенилась и давление начало быстро нарастать, то искру между электродами свечи пропускают несколько раньше, чем поршень дойдет до верхней мертвой точки в такте сжатия. Расстояние, на которое поршень не доходит до в. м. т. в момент проскакивания искры, выражается в градусах угла поворота коленчатого вала двигателя. Этот угол называется *углом опережения зажигания*. В двигателях эта величина колеблется в пределах 15—25° угла поворота коленчатого вала.

Воспламененная искрой рабочая смесь начинает гореть, причем пламя распространяется с определенной скоростью во все стороны от точки, в которой появилась искра.

Скорость сгорания смеси определяет качество рабочего процесса. Чем выше скорость сгорания, тем экономичнее работает двигатель и тем большую мощность можно от него получить. Скорость сгорания должна быть такой, чтобы обеспечить сгорание основной массы рабочей смеси к моменту прихода поршня в верхнюю мертвую

точку в такте сжатия. Кроме того, смесь должна сгореть, пока поршень находится вблизи верхней мертвой точки на такте расширения (рабочий ход).

Скорость сгорания зависит от температуры и давления смеси, от ее состава и качества. Чем лучше перемешано горючее с воздухом, чем больше горючего находится в парообразном состоянии, чем выше температура и давление смеси, тем больше скорость сгорания и, следовательно, тем лучше протекает рабочий процесс. В зависимости от скорости сгорания смеси выбирают момент пропускания искры. Чем больше скорость сгорания, тем меньшим должен быть угол опережения зажигания. Момент пропускания искры зависит также от числа оборотов двигателя. Если число оборотов увеличивается, то время на сгорание горючего уменьшается, следовательно, рабочую смесь необходимо поджечь раньше, т. е. увеличить опережение зажигания.

Для изменения величины опережения зажигания в процессе работы двигателя в каждом прерывателе-распределителе предусмотрена регулировка. Эта регулировка может быть ручной или автоматической. При автоматической регулировке угол опережения зажигания меняется в зависимости от состава смеси или от оборотов коленчатого вала.

В некоторых двигателях (авиационных или танковых) для уменьшения времени сгорания смеси ставится по две свечи в каждом цилиндре.

Детонация

Скорость сгорания рабочей смеси в цилиндрах необходимо увеличивать с осторожностью, так как в некоторых случаях рабочая смесь может сгорать со скоростью взрыва. Взрывное сгорание мы называем детонационным сгоранием, или *детонацией*. Детонация не увеличивает мощность, несмотря на огромную скорость сгорания. Наоборот, мощность заметно падает. Кроме падения мощности, детонация создает чрезмерную нагрузку на кривошипно-шатунный механизм двигателя, нередко вызывая разрушение его деталей.

Причиной детонации в двигателе является образование в рабочей смеси (при определенных условиях температуры и давления) соединений, предрасположенных к взрывному сгоранию.

Внешние признаки детонации: звонкий металлический стук, резко отличающийся от глухих шумов, сопровождающих нормальную работу двигателя, снижение мощности двигателя и перегрев при продолжительной работе с детонацией. Кроме того, можно наблюдать клубы черного дыма (продукты неполного сгорания и распада горючего) из выпускных труб.

На детонацию влияют почти все условия работы двигателя. Уменьшение угла опережения зажигания, снижение нагрузки, увеличение числа оборотов, улучшение условий охлаждения стенок камеры сгорания — все это ослабляет детонацию. Нагарообразование в камере сгорания, повышение температуры окружающего воздуха способствуют появлению или усилению детонации.

Решающим фактором в отношении детонации являются степень сжатия двигателя и противодетонационная стойкость горючего.

В борьбе с детонацией наиболее эффективно действуют специальные вещества, называемые *антидетонаторами*. Если ввести в горючее антидетонаторы даже в небольшом количестве, то можно повысить степень сжатия на 30—40%, не опасаясь детонации.

Однако следует иметь в виду, что антидетонаторы являются сильнодействующими ядами и неосторожное обращение с ними может вызвать опасные отравления обслуживающего персонала.

Самовоспламенение. Период задержки воспламенения

Двигатель с воспламенением от сжатия, как видно уже по названию, не требует специальных приборов зажигания. Дело в том, что жидкое горючее в условиях высоких температур и давлений способно воспламеняться без постороннего источника открытого пламени. Горючее, применяемое в двигателях с воспламенением от сжатия, имеет наиболее низкую температуру самовоспламенения. При давлении, наблюдаемом в конце сжатия в современных двигателях, эта температура составляет 230—270° С. Для того чтобы смесь горючего с воздухом воспламенилась, достаточно нагреть ее до этой температуры. Однако для того чтобы обеспечить хорошее испарение горючего и наиболее полное его сгорание, воздух перед впрыском

горючего нагревают путем сжатия до температуры на 150—200°, превышающей температуру самовоспламенения смеси. Для правильной работы двигателя необходимо, чтобы смесь сгорела в момент, когда поршень приходит в верхнюю мертвую точку в такте сжатия. В то же время впрыскиваемое в цилиндр горючее не может воспламениться сразу. Проходит определенный промежуток времени, прежде чем рабочая смесь будет подготовлена к воспламенению и нормальному сгоранию. Этот промежуток времени называется так же, как и в карбюраторном двигателе, периодом задержки воспламенения. Но в двигателях с воспламенением от сжатия он продолжается дольше и процессы, происходящие в течение этого периода, отличаются от процессов в карбюраторном двигателе. В течение периода задержки воспламенения происходит испарение горючего, перемешивание его с воздухом, нагрев рабочей смеси и создание химических соединений, наиболее легковоспламеняющихся.

Период задержки воспламенения зависит от многих факторов. Уменьшению периода задержки воспламенения способствуют повышение температуры и давления в камере сгорания, большая скорость вихревых движений воздуха, тонкость распыливания горючего и высокое качество горючего.

С учетом периода задержки воспламенения горючее впрыскивают в цилиндр до того, как поршень придет в верхнюю мертвую точку в такте сжатия, т. е. с некоторым опережением. Величина этого опережения впрыска оценивается углом поворота коленчатого вала двигателя с момента начала впрыска до прихода поршня в верхнюю мертвую точку. Угол опережения впрыска в зависимости от условий протекания рабочего процесса устанавливается в пределах 12—40° по углу поворота коленчатого вала двигателя (бóльшие значения для быстроходных двигателей).

Угол опережения впрыска должен меняться в зависимости от числа оборотов и нагрузки двигателя. Однако выполнение этих требований влечет за собой усложнение конструкций регулировочных устройств, что не всегда себя оправдывает; поэтому угол опережения впрыска на дизелях чаще оставляют постоянным, но наиболее приемлемым для эксплуатационных скоростных и нагрузочных режимов.

Особенности процесса сгорания в дизелях. Жесткая работа

Процесс сгорания в двигателях с воспламенением от сжатия значительно отличается от процесса сгорания в карбюраторных двигателях.

В карбюраторных двигателях воспламенение горючего начинается всегда в одной и той же точке (в зоне свечи) и пламя распространяется во все стороны примерно с одинаковой скоростью. В двигателе с воспламенением от сжатия горение начинается обычно не в одной точке, а одновременно в нескольких точках пространства камеры сгорания, в зависимости от подготовленности рабочей смеси в отдельных точках к воспламенению. Впрыск горючего продолжается некоторое время и после того, как началось горение. Следовательно, в камере сгорания протекают одновременно два процесса: сгорание рабочей смеси и смесеобразование. Потому-то для двигателя с воспламенением от сжатия и требуется большее количество воздуха в смеси, чем для карбюраторного.

Давление в камере сгорания должно нарастать плавно. Плавное нарастание давления может быть обеспечено, если количество впрыснутого горючего к моменту начала сгорания невелико. Количество горючего, впрыснутого в цилиндр к моменту воспламенения, зависит от периода задержки воспламенения. Если период задержки воспламенения велик, то в цилиндре к моменту воспламенения скапливается и принимает участие в горении много горючего; при этом воспламеняется значительная часть горючего и давление нарастает очень резко. При резком нарастании давления появляются признаки, сходные с признаками детонационного сгорания в карбюраторном двигателе. Такая работа двигателя с воспламенением от сжатия называется *жесткой работой*. Несмотря на сходство с детонацией, при жесткой работе дизеля не происходит взрывного горения. Жесткая (со стуками) работа дизеля является следствием одновременного воспламенения большой массы горючего.

Бороться с жесткой работой можно только уменьшением периода задержки воспламенения. Период задержки воспламенения, как уже упоминалось выше, можно уменьшить увеличением температуры и давления в такте сжатия (увеличением степени сжатия), подбором горючего,

более тонким распылом горючего, улучшением наполнения цилиндра свежим зарядом воздуха и улучшением смесеобразования в цилиндре.

Заметим, что двигатель с воспламенением от сжатия во время запуска, пока он еще не прогрет и не нагружен, всегда будет работать жестко. Под нагрузкой обычно жесткая работа не наблюдается.

В двигателях некоторых конструкций при запуске после перерыва в работе, особенно при низкой температуре окружающего воздуха, не удается создать условий, необходимых для самовоспламенения горючего. В этом случае применяют запальники. В качестве запальника может быть использована электрическая свеча, имеющая вместо искрового промежутка спираль накаливания. Такая свеча включается в момент запуска и выключается после двух — трех вспышек, когда стенки камеры сгорания прогреются и тепловые потери на нагревание стенок будут незначительными. Употребляют также просто металлические детали, которые нагревают вне двигателя и перед запуском вставляют в стенку камеры сгорания. Эти детали называются **калоризаторами**.

Эффективность сгорания. Дымление

Сгорание рабочей смеси в цилиндре заканчивается, когда поршень находится в верхней мертвой точке в такте сжатия или только начинает опускаться. В этом случае двигатель работает наиболее эффективно, так как вся энергия сгоревшего горючего, создавшая высокое давление газов, может быть использована. Если сгорание не заканчивается к моменту начала такта рабочего хода и продолжается в такте рабочего хода, то энергию догорающего горючего полностью не удается использовать, поскольку объем над поршнем все время увеличивается и заметного давления газы создать не могут. При догорании смеси в такте рабочего хода наблюдается значительное повышение температуры двигателя, вызывающее иногда его перегрев.

Сгорание горючего в двигателях с воспламенением от сжатия продолжается более длительное время, чем в карбюраторных двигателях. Объясняется это тем, что после начала сгорания еще некоторое время продолжается впрыск горючего, т. е. наряду с горением продолжается образование рабочей смеси. Таким образом, процесс сго-

рания оказывается несколько растянутым по ходу поршня (на рабочем такте), вследствие чего ухудшаются мощностные и экономические качества двигателя. Если большое количество горючего догорает в такте рабочего хода, то это приводит к неполному сгоранию, следовательно, к недобору мощности, перерасходу горючего и перегреву двигателя. Причинами, вызывающими увеличение длительности сгорания, являются: поздний впрыск и плохое распыливание горючего, уменьшение наполнения цилиндров свежим зарядом воздуха и ухудшение смесеобразования.

Карбюраторные двигатели с хорошо налаженным процессом сгорания всегда работают бездымно. Только на режиме холостого хода иногда можно наблюдать легкий дым из глушителя двигателя. Если же неправильно отрегулированы подача смеси или состав смеси, то на выходе из патрубка глушителя будет заметно дымление.

Дым из выпускных труб или из глушителя свидетельствует о неполном сгорании горючего, следовательно, о нарушении процесса сгорания.

Появление черного дыма из карбюраторного двигателя указывает на происходящую детонацию.

Двигатели с воспламенением от сжатия при правильной организации рабочего процесса работают без дыма или с легким прозрачным дымком сизоватого цвета. Густой дым серого цвета появляется в результате неполного сгорания и нарушения рабочего процесса. Черный дым свидетельствует о чрезмерной подаче горючего в цилиндры, о неполном сгорании горючего, в результате чего твердые частички углерода (сажа) окрашивают отработавшие газы в черный цвет.

Глава V

СМАЗКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Трение и износ в двигателях

Рассматриваемые невооруженным глазом трущиеся поверхности деталей двигателя кажутся ровными и гладкими, особенно рабочие поверхности шеек коленчатого вала и гильз цилиндров. Недаром внутреннюю поверхность цилиндра называют зеркалом цилиндра. На самом же деле поверхности деталей двигателя не такие ровные

и гладкие, как кажется при рассмотрении их невооруженным глазом или при ощупывании рукой.

Если рассматривать поверхность детали через микроскоп, увеличивающий размеры в тысячи раз, то можно увидеть, что вся поверхность состоит из чередующихся между собой канавок и гребешков, впадин и выступов (рис. 60).

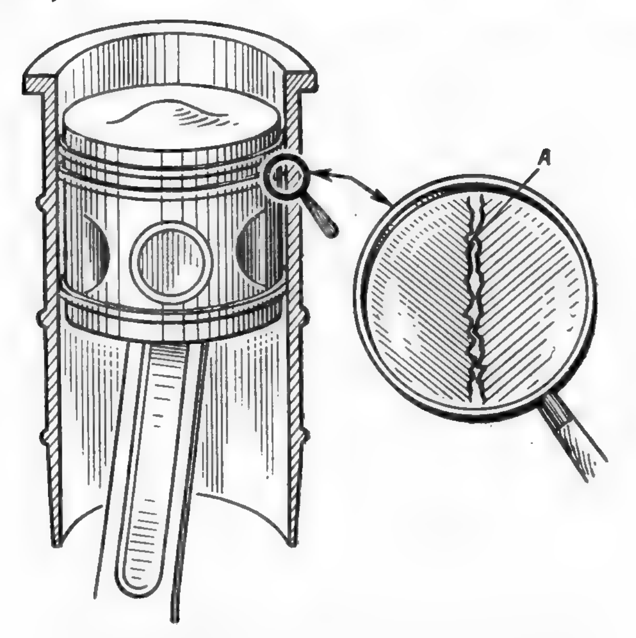


Рис. 60. Поверхность детали при сильном увеличении

Такие канавки и гребешки можно видеть невооруженным глазом на поверхности детали после черновой обработки ее на токарном, строгальном или фрезерном станках.

Неровности могут быть различной величины. Они будут тем больше, чем грубее обработана поверхность. После черновой обработки поверхности детали на токарном станке (обдирка) высота гребешков неровностей достигает 100 микрон. После чистовой обработки резцом высота гребешков неровностей равна 10—12 микронам, после шлифовки 1,6—0,2 микрона. После полировки по-

верхности детали высота неровностей обычно не больше 0,2 микрона, т. е. примерно в 10 000 раз меньше, чем размер букв, которыми напечатаны эти строчки.

При работе двигателя через его детали передаются большие усилия, прижимающие одну деталь к другой, но так как поверхности деталей неровные, то детали соприкасаются не всей поверхностью, а только отдельными выступами и гребешками. Если эти выступы или гребешки различной высоты, то при движении одной детали вдоль другой они могут задевать друг за друга так, как это показано в точке *А* на рис. 61.

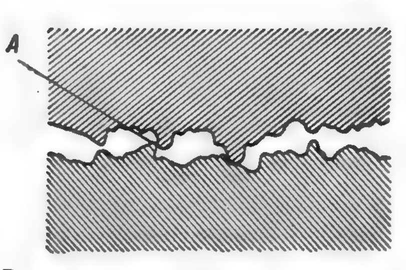


Рис. 61. Соприкосновение поверхностей двух деталей без смазки

В местах соприкосновения выступов возникают такие большие усилия, что между частицами металла двух деталей в этих местах могут появиться силы молекулярного сцепления — детали как бы свариваются друг с другом. Таким образом, свободному перемещению одной детали по другой препятствуют шероховатость поверхностей трущихся деталей и силы молекулярного сцепления, возникающие в местах непосредственного соприкосновения деталей. Сила сопротивления движению одной детали по другой называется силой трения.

Величина силы трения может быть значительной; она зависит от силы, с какой детали прижимаются друг к другу, и от качества обработки трущихся поверхностей. Сила трения направлена всегда в сторону, противоположную направлению движения детали, и в двигателе является вредной силой. Для ее преодоления приходится затрачивать большие усилия и большое количество полезной работы.

При эксплуатации двигателей приходится сталкиваться с другим вредным явлением, почти всегда сопровождающим трение, — с износом деталей.

При относительном перемещении одной детали по другой задевающие друг за друга выступы и шероховатости разрушаются, вследствие чего форма и размеры трущихся

деталей изменяются. Такое изменение, вызванное отделением от деталей частиц металла, называется **износом**.

Износ происходит также вследствие истирания поверхностей твердыми абразивными частицами, попавшими между трущимися деталями. Абразивные частицы представляют собой оторвавшиеся от деталей металлические частицы или посторонние твердые частицы, как песок и т. д. Мелкие абразивные частицы, попадая в зазоры между трущимися деталями, как бы шлифуют их и тем самым изменяют форму и размеры деталей.

Иногда абразивные частицы имеют довольно крупные размеры и, попадая между поверхностями, они как бы вырывают в металле канавки и вызывают задиры поверхностей. На рис. 62 показаны задиры на поверхности вкладыша подшипника двигателя, вызванные крупными металлическими частицами, попавшими в зазоры.

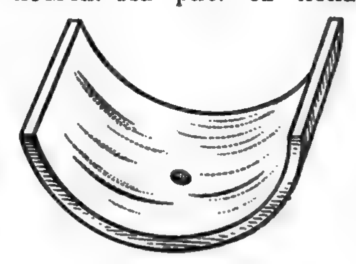


Рис. 62. Задиры на поверхности вкладыша подшипника

При трении часть механической энергии движущихся деталей переходит в другой вид энергии.

Согласно закону сохранения энергии, открытому великим русским ученым М. В. Ломоносовым еще в XVIII веке, энергия не исчезает бесследно, а переходит из одного вида в другой. В рассматриваемом процессе трения деталей друг о друга работа, затрачиваемая на преодоление сил трения, не исчезает, а переходит в тепловую энергию. Увеличение этой тепловой энергии можно определить на ощупь. Коснувшись рукой детали, по которой движется другая деталь, или до картера, в котором находятся работающие детали, чувствуешь, что деталь нагрелась и что температура ее выше температуры руки.

При трении друг о друга детали могут выделять много тепла, в результате чего температура их может подняться выше допустимой нормы.

Как уменьшить силы трения и износ деталей

Рассмотрим вопрос о том, как уменьшить силу трения и износ поверхностей деталей. Так как сила трения зави-

сит от высоты гребешков и выступов неровностей поверхности, то для ее уменьшения необходимо как можно тщательнее и точнее обрабатывать поверхности трения. При более чистой обработке поверхностей выступы уменьшаются по высоте и с меньшей силой сцепляются друг с другом. Кроме того, увеличивается число выступов на той же поверхности, а возможность попадания гребешков поверхности одной детали во впадины поверхности другой уменьшается.

Отсюда можно сделать вывод, что сила трения, возникающая при движении одной полированной детали по другой, должна быть меньше силы трения, возникающей при движении одной шлифованной детали по другой.

Такая же закономерность будет наблюдаться и при износе: чем чище обработана поверхность детали, тем меньше ее износ. Улучшая качество обработки поверхности, можно повысить износостойкость детали. Однако для уменьшения силы трения недостаточно одного лишь улучшения качества обработки поверхностей деталей.

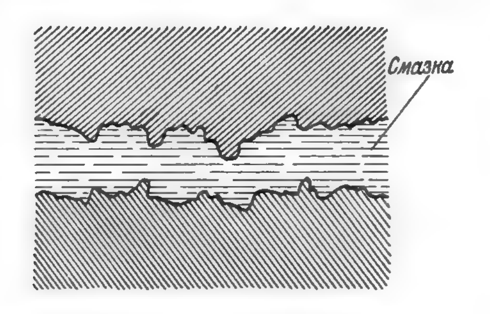


Рис. 63. При введении смазки поверхности двух деталей не соприкасаются

Ученые и инженеры на основании опытов пришли к выводу, что можно уменьшить силы трения, а следовательно, и износ деталей, если в зазор между поверхностями двух смежных деталей ввести слой смазки, достаточно толстый для того, чтобы выступы на поверхностях деталей не задевали друг за друга (рис. 63).

В этом случае обычно говорят, что детали находятся в условиях ж и д к о с т н о г о т р е н и я (в противоположность с у х о м у т р е н и ю — когда между деталями

нет смазывающей жидкости). При жидкостном трении одна деталь как бы плавает в масле на другой.

Совершенно ясно, что износа деталей в этом случае не будет, а сила трения значительно уменьшится, так как она будет обусловлена только трением между молекулами масла, величина которого зависит от вязкости масла. Вследствие этого уменьшается сила, необходимая для движения одной детали относительно другой, и увеличивается полезная работа двигателя.

Следовательно, назначение смазки — уменьшить силу трения и главным образом уменьшить износ поверхностей деталей.

Для того чтобы масло, введенное в зазор между трущимися поверхностями, полностью разделяло эти поверхности, необходимо его подавать в количестве, обеспечивающем необходимое давление для разделения поверхностей. Иначе силы, действующие на движущиеся детали, будут частично выдавливать масло и выступы на поверхностях деталей вновь начнут соприкасаться друг с другом. В этом случае говорят, что происходит полужидкостное трение.

Износ деталей и затраты полезной работы на преодоление сил трения при полужидкостном трении гораздо больше, чем при жидкостном трении. При соблюдении условий жидкостного трения между деталями двигателя износ их будет очень незначительным. Наблюдающийся при эксплуатации двигателей более значительный износ получается вследствие нарушения условий смазки: загрязнение смазки, недостаточное давление подачи масла, отсутствие разделяющего масляного слоя между трущимися поверхностями деталей перед запуском двигателя и т. д.

Вводить смазку между деталями двигателя нужно еще и для того, чтобы удалить из зазора различные загрязнения: продукты износа деталей (мельчайшие частицы металла), продукты химических превращений масла, механические примеси и т. д. Если не удалить различные загрязнения, представляющие собой в основном абразивные частицы, они будут воздействовать на детали как наждачный порошок или паста, которыми иногда обрабатывают детали. Крупные механические частицы будут врезаться в металл и вызывать (как показано на рис. 62) задиры на деталях. Поверхности деталей будут быстро

изнашиваться, вследствие чего срок службы узла или агрегата значительно сократится. Своевременное удаление из зазоров различных загрязнений обеспечивается непрерывной циркуляцией масла в системе смазки. Подводимое к трущимся деталям масло должно быть чистым, без механических и других примесей. Вытесняемое из зазоров между деталями загрязненное масло должно проходить через фильтры и очищаться от загрязнителей.

Известно, что при трении деталей друг о друга выделяется много тепла и что благодаря этому теплу повышается температура деталей.

На повышение температуры двигателя влияет не только трение, но и сгорание горючего внутри цилиндров двигателя. Температура газов при горении очень высокая, достигает 2000°. Стенки цилиндров, поршни и поршневые кольца, соприкасаясь с газами, сильно нагреваются. При чрезмерном повышении температуры деталей уменьшается механическая прочность металла и твердость поверхностей. Следовательно, детали быстрее изнашиваются. При повышении температуры, как известно, детали расширяются, следовательно, из-за расширения деталей зазор может значительно уменьшиться.

Чтобы температура деталей не превышала норму, их подвергают непрерывному охлаждению. Некоторые детали, как например цилиндры двигателя, головки цилиндров и другие, охлаждаются водой или воздухом. Некоторые детали и поверхности деталей, к которым трудно подвести с целью охлаждения воду или воздух (например, подшипники коленчатого вала, поршни и т. д.), охлаждаются маслом.

Следовательно, масло, смазывающее детали двигателя, охлаждает нагревающиеся во время работы детали двигателя, отводя от них излишнее тепло.

Кроме того, масло, попадая на стенки цилиндров двигателя и заполняя небольшие зазоры между поршнем и цилиндром, уплотняет камеру сгорания. Благодаря этому уменьшается утечка газов из камеры сгорания в картер двигателя. Поэтому иногда при запуске старых изношенных двигателей в цилиндры заливают немного моторного масла, чтобы уменьшить утечку газов. Следовательно, масло, смазывающее детали двигателя, улучшает уплотнение камеры сгорания.

При повышении температуры деталей и при соприкосновении с кислородом воздуха и другими газами поверхности деталей окисляются. Окислившиеся поверхности быстро разрушаются, вследствие чего ускоряется износ деталей.

Находящиеся в горючем двигателя соединения серы при сгорании образуют окислы, которые вместе с другими продуктами сгорания могут попасть в картер двигателя и на поверхности деталей. Продукты сгорания содержат также значительное количество водяного пара. При температуре ниже 100° пар превращается в воду. Вода осаждается на поверхности деталей и соединяется с окислами серы. Образуются кислоты, сильно разъедающие поверхности металлических деталей.

Масло, покрывая тонким слоем все поверхности деталей, предохраняет их от сильного окисления и соприкосновения с разъедающими кислотами, защищая таким образом детали двигателя от коррозии. В данном случае масло играет роль защитного покрытия. Если бы масло не предохраняло детали от коррозии, они изнашивались бы примерно в 3—4 раза быстрее. Следовательно, сократился бы срок службы двигателя.

Таким образом, из сказанного можно сделать вывод, что масло, применяемое в двигателе, служит для следующих целей:

1. Смазывает трущиеся поверхности деталей.
2. Очищает трущиеся поверхности от загрязнений.
3. Охлаждает нагревающиеся детали.
4. Уплотняет камеры сгорания.
5. Предохраняет детали от коррозии.

Масла для смазки двигателей

Для смазки двигателей применяются смазочные масла, получаемые из нефти. Из одного сорта нефти можно получить масла различного качества. Изготовление масла очень сложный процесс, поэтому масло — дорогой продукт.

В двигателях различных типов применяются различные масла. В двигателях, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях и имеющих детали, нагруженные большими усилиями, применяются масла лучшего качества. Кроме того, сорт масла выбирают в зави-

симости от того, в какое время года эксплуатируются двигатели — зимой или летом.

Для того чтобы подобрать масло для двигателя, приходится проводить большие испытания. Проверять, как изнашиваются детали при использовании того или другого масла, какое количество нагара образуется на деталях, как масло влияет на коррозию и т. д. Только упорная, длительная работа ученых и инженеров позволяет установить, какими физико-химическими свойствами должно обладать масло, рекомендуемое для испытуемых двигателей и удовлетворяющее поставленным требованиям.

Физико-химические свойства масла

К физико-химическим свойствам масла относятся: цвет, удельный вес, вязкость, определяемая при температуре 100° С, отношение вязкостей, определенных при температуре 50 и 100° С, температура застывания, зольность, кислотность, содержание механических примесей и воды и температура вспышки.

Величины, определяющие перечисленные свойства, утверждаются государственными стандартами (ГОСТ) или техническими условиями (ТУ).

Посмотрим, что представляют собой физико-химические свойства масла и как они определяются.

Цвет свежего масла отличается от цвета масла, уже работавшего в двигателе. Нужно иметь в виду, что масла содержат различные присадки, от которых они очень быстро темнеют и становятся как бы «грязными». Следовательно, судить по цвету масла о продолжительности его работы и о сроках смены в двигателе нельзя.

Удельный вес масла меньше удельного веса воды. Он может быть равен 0,85—0,9 *г/см³*. Удельный вес масла нужно знать для того, чтобы определить вес масла в какой-либо таре, если известен ее объем, или определить объем, занимаемый маслом, если известен его вес.

Вязкость масла является основным свойством, определяющим пригодность масла для двигателя и позволяющим отличить одно масло от другого. Когда мы рассматривали вопрос о жидкостном трении, то говорили, что в этом случае трение твердых поверхностей деталей заменено трением между молекулами жидкости. Вот это тре-

ние, наблюдающееся при перемещении жидкости, называется вязкостью.

Чем больше вязкость масла, тем менее оно подвижно, но тем лучше удерживается на поверхности детали масляная пленка и тем толще она.

Для оценки вязкости масла государственным стандартом принята условная единица вязкости, называемая стоксом. Для определения вязкости применяют специальные приборы, называемые вискозиметрами.

Вязкость масла настолько важное его свойство, что рядом с маркой масла всегда пишут число, указывающее его вязкость при 100° С. Например, если масло обозначено МТ-16, то буквы МТ показывают марку масла (масло танковое), а цифра 16 показывает, что вязкость его при 100° равна 16 сантистоксам (1 сантистокс составляет сотую долю стокса).

Казалось бы, чем выше вязкость масла, тем меньше должен быть износ деталей, так как поверхности покрываются толстой масляной пленкой. Однако увеличенная вязкость повышает затрату механической энергии на преодоление сил трения вязкого масла. Специальные испытания автомобильных двигателей, в которых применялось масло различной вязкости, показали, что при израсходовании 1 *л* бензина большее расстояние прошел автомобиль, двигатель которого работал на самом маловязком масле. Почему так получилось? Потому что в этом двигателе полезная мощность двигателя затрачивалась на преодоление сил трения в масле не в таком большом количестве, как это было необходимо в двигателях с более вязким маслом.

Но если применять для двигателя недостаточно вязкое масло, то масляная пленка, образующаяся на деталях, будет недостаточной толщины и может оказаться, что неровные поверхности двух деталей не будут разделены маслом и будут соприкасаться друг с другом. Износ деталей повысится; поэтому для двигателей нужно применять масло, имеющее только ту вязкость, которая рекомендована.

Отношение вязкостей, определенных при 50 и 100° С, является важным показателем масла, позволяющим судить, как изменяется вязкость при изменении темпера-

туры. Чем меньше это отношение, тем меньше меняется вязкость с изменением температуры масла.

Если необходимо эксплуатировать двигатели зимой и летом на одном и том же масле, отношение вязкостей должно быть как можно меньше.

Другие физико-химические свойства масла также должны быть в определенных пределах и отклонение от этих пределов не допускается.

Как смазываются детали двигателя

Различные детали двигателя в зависимости от величины работы трения и количества выделяющегося при этом тепла смазываются по-разному.

Чем больше усилие, действующее на трущиеся поверхности деталей, и чем больше скорость движения одной детали относительно другой, т. е. чем больше работа трения, тем лучше должны быть смазаны детали.

Если измерить силы, которые действуют между трущимися поверхностями, а также производимую ими работу, то все детали двигателя по этому признаку можно условно подразделить на три группы:

1. Кривошипно-шатунный механизм двигателя.
2. Механизм газораспределения.
3. Механизмы передач к вспомогательным агрегатам двигателя (генератору, водяному насосу, вентилятору).

Наибольшая работа трения возникает при работе деталей первой группы, т. е. в кривошипно-шатунном механизме. Детали этого механизма передают очень большие усилия и одна деталь движется по другой с большой скоростью. Особенно большая работа трения получается при трении следующих сопряженных пар деталей:

а) поверхностей цилиндров и поршней;

б) коренных подшипников и коренных шеек коленчатого вала;

в) шатунных подшипников и шатунных шеек коленчатого вала.

Для уменьшения работы трения во всех этих парах деталей необходимо ко всем трущимся поверхностям постоянно и в большом количестве подводить масло. Кроме того, при работе эти детали сильно нагреваются (от тепла, образующегося при трении и от тепла, передаваемого горячими газами). Следовательно, подводимое к

этим деталям масло должно непрерывно обновляться и подаваться в таком количетве, чтобы его было достаточно для отвода излишнего тепла от нагревающихся деталей. Однако не для всех деталей требуется одинаковое количество масла. К подшипникам коленчатого вала полезно подводить большое количество масла, тогда как излишнее количество масла, подведенное к поршням, может только ухудшить работу двигателя.

Работа трения, происходящая в механизме газораспределения, значительно меньше работы трения, происходящей в деталях кривошипно-шатунного механизма. Однако к трущимся поверхностям деталей и этого механизма масло должно поступать непрерывно, чтобы смазывать подшипники и кулачки распределительного вала, шестерни привода.

Для смазки этих деталей требуется значительно меньше масла, чем для смазки деталей кривошипно-шатунного механизма.

Еще меньше требуется масла для смазки механизмов привода различных вспомогательных агрегатов (генератор, водяной насос и др.). Однако и к этим узлам масло должно поступать бесперебойно.

Различают несколько способов смазки деталей: 1) смазка разбрызгиванием (или поливом); 2) смазка под давлением; 3) смазка комбинированная.

Обычно смазка разбрызгиванием производится с помощью специальных черпачков, устроенных на нижних головках шатунов. Черпачки при вращении коленчатого вала захватывают масло, налитое в картер, и разбрызгивают его внутри картера. Частицы масла через отверстия в подшипниках и других деталях попадают к трущимся поверхностям. Этот способ смазки применяется только для небольших, легких, обычно одноцилиндровых двигателей. В многоцилиндровых двигателях этот способ непригоден, так как трудно подвести масло к трущимся деталям в достаточном количестве.

В современных двигателях к большинству деталей, испытывающих большие нагрузки, масло подается по специальным трубкам масляным насосом. Масляный насос нагнетает масло под давлением в зазоры между деталями и обеспечивает постоянную надежную смазку трущихся поверхностей. Такой способ смазки называется смазкой под давлением.

Этот способ смазки более надежный, но и более сложный. В современных двигателях тяжело нагруженные детали, обычно подшипники всех валов, смазываются под давлением, а менее нагруженные детали — разбрызгиванием или поливом. Такой способ смазки деталей называется комбинированной смазкой.

Для подачи смазки к деталям нужны специальные устройства и специальные агрегаты. Эти устройства и агрегаты составляют системы смазки двигателей.

В качестве примера рассмотрим устройство системы смазки современного автомобильного двигателя ЗИЛ-120 (рис. 64). Способ смазки деталей этого двигателя — комбинированный.

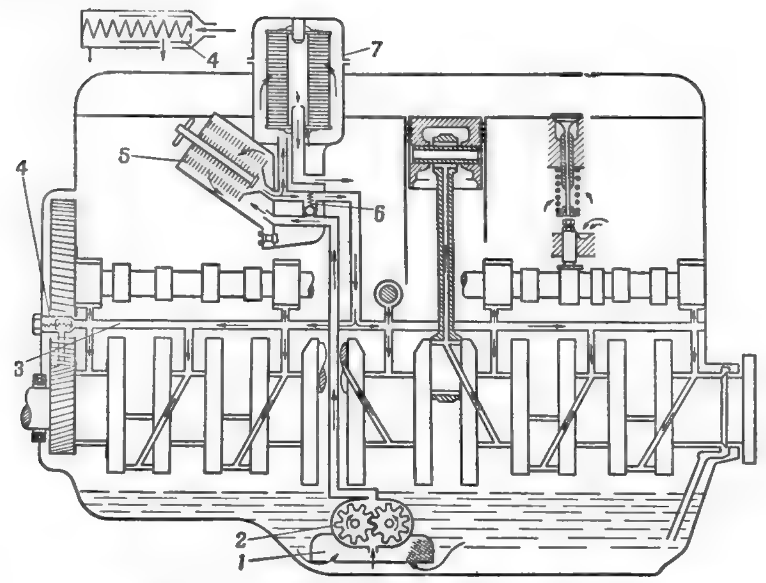


Рис. 64. Система смазки двигателя ЗИЛ-120:

1 — маслоприемник; *2* — шестеренчатый масляный насос; *3* — главная масляная магистраль; *4* — редукционный клапан; *5* — фильтр грубой очистки; *6* — перепускной клапан; *7* — фильтр тонкой очистки

Шестеренчатый масляный насос *2* засасывает масло из картера двигателя через сетчатый фильтр маслоприемника *1* и нагнетает его по каналу в масляный фильтр *5* грубой очистки. Масло, проходя через пластинчатый фильтрующий элемент, очищается от сравнительно круп-

ных твердых частиц. После грубой очистки большая часть масла поступает в главную магистраль *3*, а меньшая (5—10%) — в фильтрующий элемент фильтра *7* тонкой очистки, затем по каналам в корпусе фильтров и блоке стекает в картер.

При засорении фильтра грубой очистки, когда сопротивление фильтра увеличивается, а также при большой вязкости масло проходит (например, при пуске холодного двигателя) мимо фильтра в главную магистраль через перепускной клапан *6*.

Из главной магистрали по каналам масло поступает ко всем коренным подшипникам коленчатого вала и подшипникам распределительного вала. Из канала среднего коренного подшипника масло поступает к валику привода распределителя. От коренных подшипников коленчатого вала масло поступает по каналам в его щеках к шатунным подшипникам, откуда по каналам, просверленным в стержнях шатунов, подводится к верхним головкам для смазки поршневых пальцев.

В крышке распределительных шестерен против канала главной масляной магистрали установлен редукционный клапан *4*, отрегулированный на давление 3—4 *кг/см*^{2}. В торце клапана *4* имеется небольшое отверстие, через которое масло из главной магистрали поступает к распределительным шестерням.

Если давление в системе выше 3—4 *кг/см*^{2}, плунжер клапана отжимается и масло стекает через открывшееся отверстие на распределительные шестерни и далее в картер.

Кулачки распределительного вала смазываются маслом, выбрасываемым из отверстий нижних головок шатунов, когда эти отверстия совмещаются с масляными каналами коленчатого вала; при этом часть масла попадает на правые, более нагруженные стороны зеркала цилиндров. Для смазки толкателей и их направляющих сделаны карманы, из которых масло стекает по каналам к толкателям. Все остальные трущиеся поверхности смазываются каплями масла, разбрызгиваемого вращающимися деталями.

Устройство агрегатов системы смазки

Система смазки имеет следующие основные агрегаты: масляный бак или картер, масляный насос, фильтр и ра-

диатор. Кроме того, в системе смазки имеются термометр и манометр.

Для хранения запаса масла в систему смазки включается масляный бак. Масляный насос забирает масло из бака и подает его в двигатель. Почти во всех транспортных двигателях запас масла хранится в нижнем картере двигателя. Количество масла в картере замеряют указателем уровня масла.

Насосы для подачи масла к трущимся поверхностям могут быть различного типа. Большинство двигателей имеет насосы шестеренчатого типа. Схема работы такого насоса приведена на рис. 65.

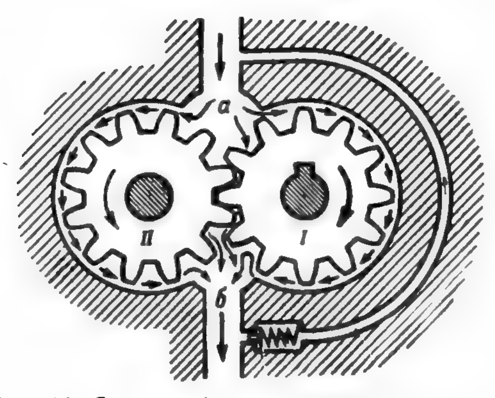


Рис. 65. Схема работы шестеренчатого насоса:
I — ведущая шестерня; II — ведомая шестерня

В корпусе установлены две шестерни I и II. Шестерня I приводится во вращение при помощи вертикального валика, связанного с кулачковым валом посредством винтовой передачи, или каким-либо другим способом.

При вращении шестерни I по часовой стрелке масло засасывается по маслопроводу в полость *а*, заполняет впадины между зубьями шестерен и в них переносится в полость *б*, где выдавливается из впадин зубьями другой шестерни. Из полости *б* масло подается по маслопроводам к трущимся поверхностям. Создаваемое маслом в полости *б* давление очень велико и может доходить до 100 *кг/см²*.

Чтобы давление масла, поступающего к деталям, было постоянным и поддерживалось в заданных преде-

лах при любом режиме работы двигателя, насос выбирается с большим запасом по производительности. Излишек масла перепускается через перепускной клапан *6* (рис. 64) обратно в картер двигателя.

Масляные фильтры

Преждевременный выход из строя двигателей происходит в основном из-за повышенного износа его кривошипно-шатунной группы. Одной из причин повышенного износа двигателя может быть недостаточная очистка масла от загрязнений, попадающих в него во время работы двигателя.

С целью уменьшить количество загрязнений в масле в каждом двигателе устанавливается масляный фильтр. Масляный фильтр очищает масло от металлических частиц — продуктов износа деталей двигателя, частиц кокса, получающихся вследствие неполного сгорания, смолистых веществ, являющихся продуктами физико-химических изменений масла, и других примесей.

Масляные фильтры устанавливают последовательно или параллельно основному потоку. При последовательном включении через них проходит все масло, подаваемое насосом к двигателю.

При параллельном включении только часть масла проходит через фильтр, остальное масло поступает непосредственно в двигатель.

В некоторых случаях применяют комбинированную установку фильтров. Один фильтр устанавливают так, чтобы через него проходило все масло, идущее на смазку деталей (грубая очистка), другой фильтр ставят в месте ответвления масляной магистрали; в данном случае масло проходит через фильтр тонкой очистки (тонкая очистка) частично. Но при многократной циркуляции постепенно все масло пройдет через фильтр и освободится от посторонних примесей.

Фильтр грубой очистки может быть различной конструкции. Фильтрующий элемент изготовляют чаще из очень частой сетки (сетчатый фильтр) или из пластин, через щели между которыми проходит масло (пластинчатый фильтр). На рис. 66 показано устройство пластинчатого фильтра грубой очистки двигателя ГАЗ-51.

Фильтрующий элемент смонтирован в чугунном корпусе *1*, к которому болтами через промежуточное кольцо

привернут штампованный отстойник *2*. В нижней части отстойника имеется пробка *3* для спуска отстоя. Фильтрующий элемент состоит из большого количества (172—190 шт.) стальных полированных фильтрующих пластин *4*, надетых на стержень *5* прямоугольного сечения. Между фильтрующими пластинами установлены промежуточные пластины *6* для обеспечения зазора между фильтрующими пластинами. Зазор необходим для прохождения масла внутрь фильтрующего элемента. Для очищения фильтрующих пластин в зазоры между ними входят очищающие пластины *7*. Эти пластины надеты на стержень *8* квадратного сечения, ввернутый в корпус фильтра. Толщина пластин: фильтрующих — 0,35 *мм*, промежуточных — 0,08 *мм* и очищающих — 0,06 *мм*.

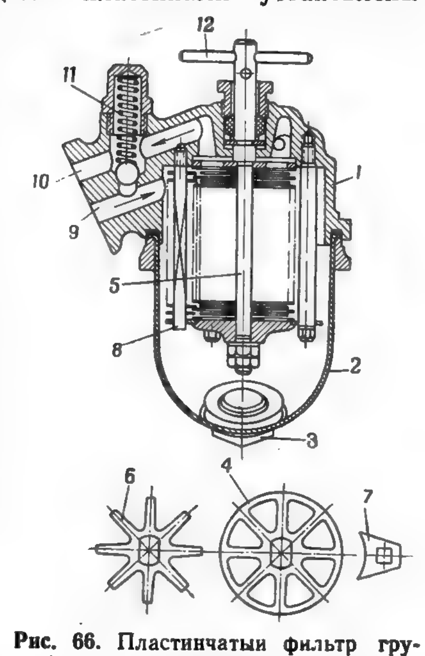


Рис. 66. Пластинчатый фильтр грубой очистки двигателя ГАЗ-51:

1 — корпус фильтра; *2* — отстойник; *3* — спускная пробка; *4* — фильтрующие пластины; *5* — центральный стержень; *6* — промежуточные пластины; *7* — очищающие пластины; *8* — стержень; *9* — впускной канал; *10* — выпускной канал; *11* — перепускной клапан; *12* — поворотная рукоятка

Масло из насоса поступает в фильтр по каналу *9;* пройдя через зазоры между пластинами фильтрующего элемента, масло направляется вверх по каналам, образованным отверстиями в пластинах, и далее через отверстия в упорной шайбе и выпускной канал *10* поступает в главную масляную магистраль.

Перепускной клапан *11* фильтра обеспечивает подачу масла к трущимся деталям в случае сильного загрязнения и закупорки фильтрующего элемента. Клапан отрегулирован на перепад давлений 0,7—0,9 *кг/см²*. Пластины очищают путем поворота рукоятки *12*.

Для изготовления фильтров тонкой очистки применяются различные материалы: войлок, хлопчатобумажные нитки (очесы), минеральная шерсть, бумага и пр.

В фильтрах тонкой очистки большинства отечественных двигателей в настоящее время устанавливают фильтрующие элементы АСФО (автомобильный суперфильтр-отстойник).

Фильтрующий элемент АСФО (рис. 67) состоит из пакета чередующихся картонных пластин *4* и прокладок *3*, собранных между двумя штампованными крышками *2* и *6* и удерживаемых в собранном виде при помощи трех стяжек *5*.

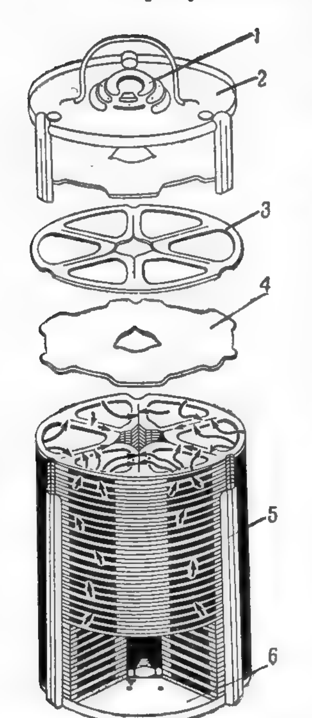


Рис. 67. Фильтрующий элемент АСФО:

1 — чашки крышек; *2* и *6* — крышки; *3* — прокладка; *4* — пластина; *5* — стяжки

Прокладки *3* имеют по шесть окон и центральное фигурное отверстие. В радиальных перемычках между окнами на одной стороне выдавлены каналы. Они начинаются на некотором расстоянии от наружного края прокладки и доходят до центрального фигурного отверстия. При сборке прокладки ставят канавками вверх.

В пластинах *4* имеются такие же центральные отверстия, как и на прокладках. По периметру пластин сделано шесть вырезов. Размеры вырезов пластин и размеры окон прокладок подбирают так, чтобы в собранном элементе полости, образованные окнами прокладок, сообщались с полостью корпуса фильтра.

Масло, поступающее в корпус фильтра, проходит в зазоры между пластинами и прокладками, заполняет окна прокладок и просачивается через поры картона в перемычки; при этом механические примеси остаются на поверхности картона, а очищенное масло через перемычки поступает в центральный канал и далее в картер.

Так как масляные фильтры могут задержать вполне определенное количество загрязнений, их периодически нужно очищать. Необходимо как можно чаще спускать отстой из корпуса фильтров и промывать фильтрующие элементы. Картонные фильтрующие элементы типа АСФО и другие очистке не поддаются, поэтому их через определенное время заменяют.

Масляный радиатор поддерживает температуру масла в наивыгоднейших пределах. На автомобильных двигателях радиаторы устанавливаются обычно впереди радиатора водяного охлаждения. На рис. 68 показан общий

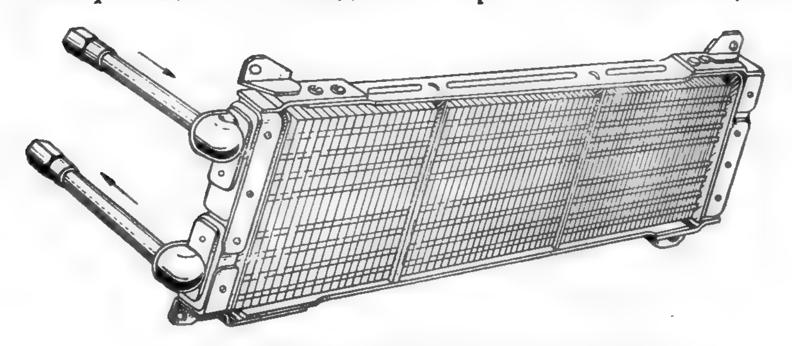


Рис. 68. Масляный радиатор двигателя ГАЗ-51

вид масляного радиатора двигателя ГАЗ-51. Принцип работы масляного радиатора аналогичен принципу работы водяного радиатора системы охлаждения.

Вентиляция картера

При работе двигателя часть рабочей смеси и отработавших газов прорывается через неплотности поршневых колец в картер. Пары бензина, попавшие в картер, конденсируясь, разжижают смазку, вследствие чего уменьшается вязкость смазки и ухудшаются смазочные свойства; при этом уровень смазки в картере повышается. В отработавших газах содержатся водяные пары и сернистый газ; сернистый газ получается в результате сгорания серы, имеющейся в бензине в виде примеси. Водяные пары, конденсируясь, образуют воду. Наличие воды в системе смазки вызывает вспенивание масла и появление эмульсий, что может вызвать перебои в подаче

смазки к трущимся поверхностям или даже полное прекращение подачи, особенно зимой. Сернистый газ растворяется в воде, образуется сернистая кислота, которая в присутствии кислорода воздуха переходит в серную. Наличие в масле серной и сернистой кислоты даже в незначительном количестве вызывает коррозию деталей. Кроме того, вследствие прорыва газов давление в картере повышается и смазка выдавливается через сальниковые уплотнения. Для увеличения срока службы масла и для уменьшения износа трущихся деталей картер двигателя необходимо вентилировать.

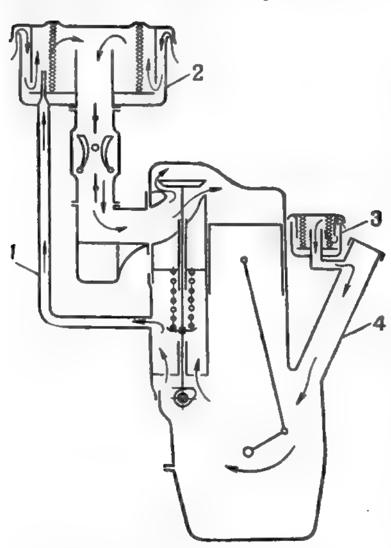


Рис. 69. Схема вентиляции картера двигателя ЗИЛ-120:

1 — трубка отсоса газов; *2* — воздухоочиститель; *3* — воздушный фильтр; *4* — маслоналивной патрубок

Вентиляция картера осуществляется путем отсоса газов. На рис. 69 изображена схема вентиляции картера двигателя ЗИЛ-120. Газы из картера двигателя отсасываются по трубке *1*, присоединенной к воздухоочистителю *2*, что обеспечивает вентиляцию картера при работающем двигателе, независимо от того, движется автомобиль или стоит на месте. Свежий воздух поступает через специальный воздушный фильтр *3*, присоединенный к маслоналивному патрубку *4*.

Работу системы смазки следует постоянно контролировать, так как отсутствие масла между трущимися поверхностями, хотя бы в течение нескольких секунд, может вызвать задиры на поверхностях и аварию двигателя. Контроль осуществляется по термометру и манометру, включенным в масляную систему. Термометр устанавливается в масляной магистрали на выходе масла из двигателя. Для обеспечения хорошей смазки деталей температура масла, определяемая по этому термометру, должна быть равна 80—90° С. Допускается работа и при

температуре масла 40—110° С, но в этом случае износ двигателя происходит быстрее. Масляный манометр включается в начале масляной магистрали после масляного насоса. Он служит для контроля подачи масла. Немедленно после запуска двигателя и во время его работы манометр должен показывать давление масла; давление масла в системе смазки означает, что масло поступает к трущимся деталям. Если давление масла ниже допустимого предела, необходимо проверить качество масла и работу масляного насоса.

Глава VI

ОХЛАЖДЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

Общие сведения

Как уже говорилось в главе I, при сгорании рабочей смеси развивается температура до 2000° С, причем даже средняя температура газов за цикл работы достигает 800—1000° С.

Почти все металлы при такой температуре плавятся, например, сплавы алюминия плавятся примерно при 600° С, медь — при 1080° С, чугун — при 1100° С. Масло, которое смазывает стенки цилиндров, воспламеняется при температуре около 200° С. Почему же масло на стенках цилиндров не сгорает и почему детали, из которых сделан двигатель, не расплавляются и двигатель не разрушается?

Объясняется это тем, что от нагревающихся деталей двигателя тепло непрерывно отводится в количестве, обеспечивающем нормальную температуру деталей. Нормальная температура деталей современных двигателей приведена в таблице.

Места замера температуры деталей	Температура деталей в °С	
	при воздушном охлаждении	при водяном охлаждении
Стенки цилиндра	140—180	90—110
Днище поршня	300—400	300—400
Тарелка впускного клапана	200—250	150—200
Тарелка выпускного клапана	600—800	600—800
Подшипники	70—90	70—90

Если детали двигателя будут охлаждаться недостаточно, то вследствие ухудшения наполнения цилиндров и появления детонации мощность двигателя снизится. Масло, находящееся на деталях, начнет выгорать, детали от нагревания будут расширяться. Например, при нагревании алюминиевых поршней диаметром 75 *мм* до 350° С диаметр их увеличивается больше чем на 0,5 *мм*. Если зазор между поршнем и стенками цилиндра двигателя окажется слишком малой величины, то поршень будет плотно прижиматься к стенкам цилиндра. Силы, прижимающие поршень, так велики, что сдвинуть поршень с места окажется невозможным и он заклинится в цилиндре. Кроме того, при неравномерном нагревании деталей на них вследствие увеличения местных напряжений в металле могут появляться трещины.

При чрезмерном охлаждении деталей процесс сгорания горючего ухудшается, рабочая смесь, попадая на холодные детали цилиндров, конденсируется и стекает в картер двигателя, смазка разжижается горючим. В результате детали быстро изнашиваются, а мощность двигателя уменьшается.

Для нормальной температуры деталей необходимо при работе двигателя постоянно отводить от его деталей излишек тепла. Это можно осуществить с помощью воздуха или охлаждающей жидкости.

Для отвода тепла от деталей двигателя с помощью воздуха или охлаждающей жидкости нужны специальные устройства и специальные агрегаты. Эти устройства и агрегаты составляют системы охлаждения двигателей.

При воздушной системе охлаждения тепло от нагревающихся деталей отводится непосредственно воздухом, обдувающим детали.

При жидкостной системе охлаждения тепло от нагревающихся деталей отводится охлаждающей жидкостью, а от охлаждающей жидкости — воздухом. Охлаждающей жидкостью является преимущественно вода; поэтому жидкостную систему охлаждения часто называют водяной системой охлаждения.

Воздушная система охлаждения

При воздушной системе охлаждения воздух, соприкасаясь непосредственно с нагретой поверхностью деталей, нагревается и рассеивает тепло в атмосферу.

Двигатели небольшой мощности, например мотоциклетные, охлаждаются встречным потоком воздуха при движении. Для охлаждения более мощных (автомобильных, тракторных и др.) двигателей встречного потока воздуха недостаточно. В этих двигателях устраивается принудительный обдув деталей воздухом, а на самих деталях искусственно увеличивается поверхность охлаждения. На цилиндрах и на головках двигателей с воздушным охлаждением поверхность охлаждения увеличивают ребра (рис. 70). Ребра расположены так, что поток охла-

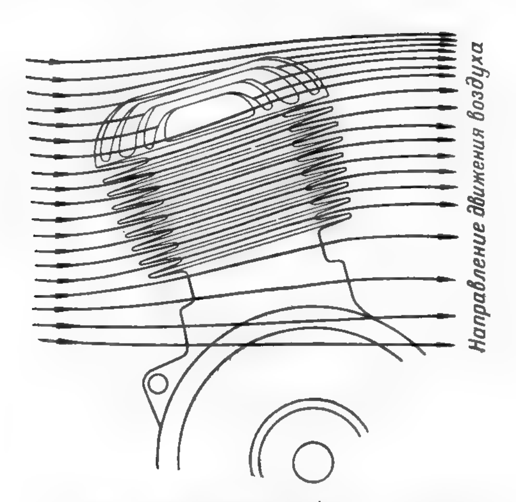


Рис. 70. Охлаждающие ребра на цилиндре и головке двигателя воздушного охлаждения

ждающего воздуха проходит вдоль них и отводит тепло от всех частей двигателя.

Принудительный поток охлаждающего воздуха создают мощные вентиляторы. Чтобы создаваемый ими поток воздуха использовался более полно, от вентилятора до охлаждаемых поверхностей устраивают направляющий кожух, по которому и подводится воздух. На рис. 71 изображен такой четырехцилиндровый двигатель с воздушным охлаждением.

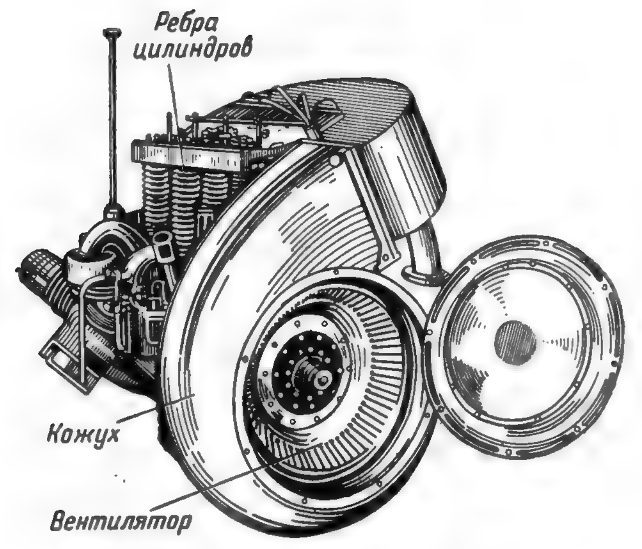


Рис. 71. Двигатель с воздушным охлаждением

Жидкостная система охлаждения

Действие жидкостной системы охлаждения можно рассмотреть на простейшей схеме, изображенной на рис. 72. Стенки цилиндров и стенки камер сгорания в головке блока двигателя окружает полость, называемая рубашкой охлаждения. В рубашке охлаждения циркулирует охлаждающая жидкость.

При соприкосновении жидкости с нагревающимися стенками тепло от стенок передается жидкости; при этом стенки охлаждаются, а жидкость нагревается. Нагретая жидкость по трубопроводам поступает в радиатор. Радиатор состоит из двух резервуаров (бачков) и большого числа тонких трубок, по которым протекает жидкость. Между трубками проходит воздух, поток которого создается вентилятором. Жидкость отдает часть тепла трубкам радиатора, а сама охлаждается; трубки в свою очередь отдают тепло обдувающему их воздуху, нагревают его, а сами также охлаждаются.

Так происходят непрерывная передача тепла от нагревающейся в двигателе жидкости к продуваемому через радиатор воздуху и рассеивание этого тепла в атмосферу.

Следовательно, в жидкостной системе охлаждения двигателя происходит два последовательных процесса. Сначала тепло от нагревающихся деталей двигателя переносится охлаждающей жидкостью к радиатору, а затем с помощью радиатора рассеивается в атмосферу.

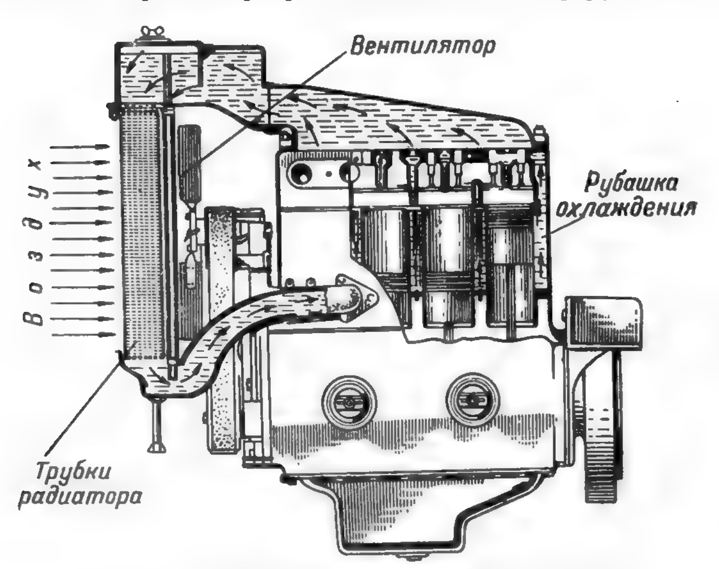


Рис. 72. Схема жидкостного охлаждения двигателя

На рис. 73 схематично показано, как происходит передача тепла от нагретых деталей двигателя к охлаждающему воздуху. Среднее значение температуры газов внутри цилиндра при сгорании горючего 800—1000° С, температура внутренней стенки цилиндра 130—150° С, а наружной поверхности, омываемой охлаждающей жидкостью, равна 90—100° С. Охлаждающая жидкость нагревается от стенок цилиндра до 80—90° С. В радиаторе температура охлаждающей жидкости снижается до 65—75° С, а трубки радиатора нагреваются до 60—65° С. От трубок радиатора тепло передается охлаждающему воздуху.

Циркуляция жидкости в системе охлаждения может быть термосифонной или принудительной.

Простейшая схема охлаждения двигателя с термосифонной циркуляцией жидкости показана на рис. 72.

Жидкость циркулирует вследствие разности удельного веса нагретой и холодной жидкости. Как известно, все тела, в том числе и жидкости, при нагревании расширяются. Вода, например, расширяется на 0,0005 объема при нагревании на один градус. Так, если при +4° С 1 *кг* воды занимает объем, равный 1000 *см*^{3}, то при нагревании до 100 °С он уже будет занимать объем, равный 1046 *см*^{3}. Вес воды останется тот же, но вес определенного объема нагретой воды будет меньше веса такого же объема холодной воды, т. е. удельный вес жидкости при ее нагревании уменьшается.

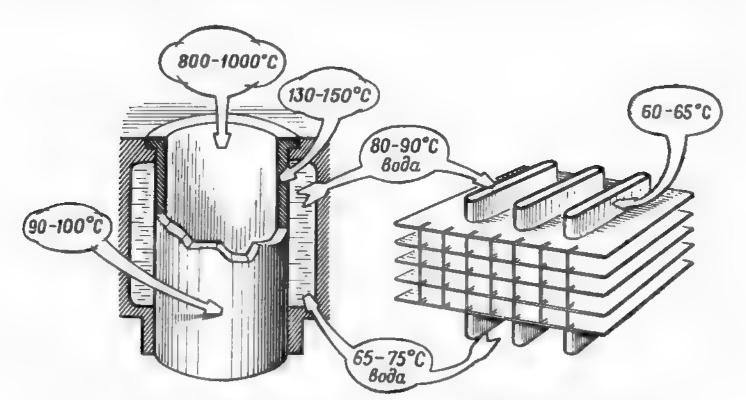


Рис. 73. Схема передачи тепла в термосифонной жидкостной системе охлаждения

При работе двигателя жидкость, находящаяся в рубашке охлаждения, нагревается и удельный вес ее уменьшается; вследствие этого нагретые частицы поднимаются и по трубопроводу попадают в верхнюю часть радиатора. По мере охлаждения в радиаторе удельный вес жидкости увеличивается и частицы ее опускаются. Охлажденная жидкость из радиатора поступает по трубопроводу в рубашку охлаждения двигателя. В рубашке жидкость снова нагревается и т. д.

Преимущества термосифонной системы охлаждения— простота устройства, кроме того, автоматическое регулирование степени и скорости охлаждения. Объясняется это тем, что с увеличением нагрузки на двигатель, когда тепловой режим становится более напряженным, увеличивается также и циркуляция жидкости вследствие большой

разности температуры охлажденной и горячей жидкости. Эта система охлаждения создает благоприятные условия прогреванию двигателя после запуска, так как в начале работы двигателя жидкость почти не циркулирует, поэтому стенки цилиндра быстро нагреваются до требуемой температуры.

Но термосифонная система охлаждения имеет и недостатки. Главный недостаток это то, что из-за сравнительно малой скорости циркуляции жидкости необходимо значительно увеличить емкость системы охлаждения.

Принудительная циркуляция охлаждающей жидкости осуществляется с помощью насоса. Насос включен в систему охлаждения. Устанавливают его между радиатором и рубашкой охлаждения так, чтобы он нагнетал охлаждающую жидкость в рубашку охлаждения. Преимущества принудительной циркуляции жидкости над термосифонной системой: детали охлаждаются лучше и система охлаждения меньшего объема.

На современных двигателях применяется охлаждение с принудительной циркуляцией жидкости. На рис. 74 изо-

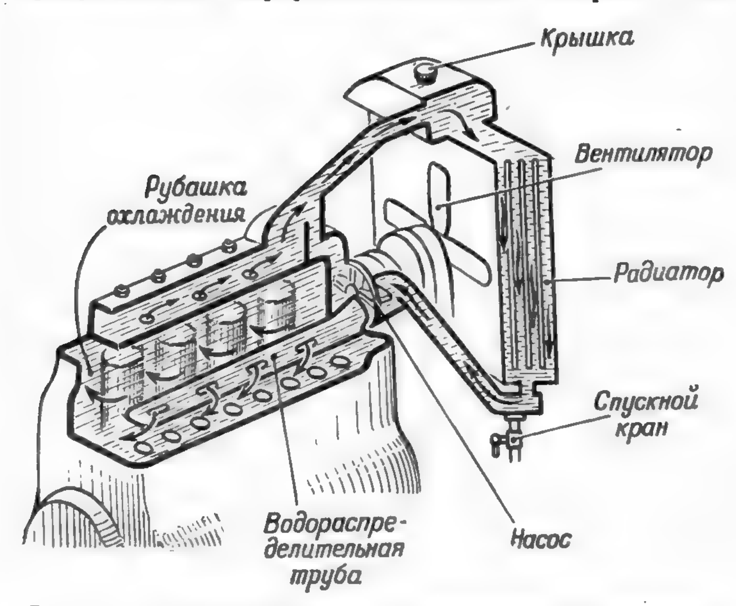


Рис. 74. Система охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости

бражена схема системы охлаждения двигателя М-20 автомобиля «Победа». Жидкость, охлаждающая цилиндры и головку блока цилиндров, из рубашки охлаждения поступает в радиатор. Тепло жидкости передается воздуху, засасываемому через радиатор вентилятором. Насос нагнетает жидкость в рубашку охлаждения.

В некоторых двигателях для лучшего распределения охлаждающей жидкости в рубашке охлаждения устанавливают водораспределительную трубу. Нагнетаемая в эту трубу жидкость по специальным прорезям поступает ко всем цилиндрам, благодаря чему цилиндры и другие детали равномерно охлаждаются.

В любой системе жидкостного охлаждения двигателя должно быть специальное устройство для заливки и слива охлаждающей жидкости. Заполняется система охлаждения через заливную горловину, закрываемую крышкой. Для слива охлаждающей жидкости из системы в самой низкой ее точке устанавливают сливной кран.

На рис. 75 представлена схема жидкостной системы охлаждения современного автомобильного двигателя. Системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания других машин имеют те же элементы, что и на приведенной схеме.

Устройство агрегатов и узлов жидкостной системы охлаждения

Система охлаждения имеет следующие основные агрегаты: радиатор, водяной насос, рубашку охлаждения и вентилятор. Все элементы системы, кроме вентилятора, соединены между собой трубопроводами и шлангами. Кроме того, в системе имеются термометр, паровоздушный клапан и термостат.

Радиатор (рис. 76) предназначен для охлаждения жидкости. Он состоит из верхнего резервуара *1*, сердцевины *2* и нижнего резервуара *3*. В верхнем резервуаре находятся патрубок *4* для подвода охлаждающей жидкости из рубашки охлаждения двигателя и заливная горловина *5*. В нижнем резервуаре расположен патрубок *6* для подвода охлаждающей жидкости к водяному насосу.

Сердцевина радиатора бывает трубчатой *а*, пластинчатой *б* или сотовой *в*.

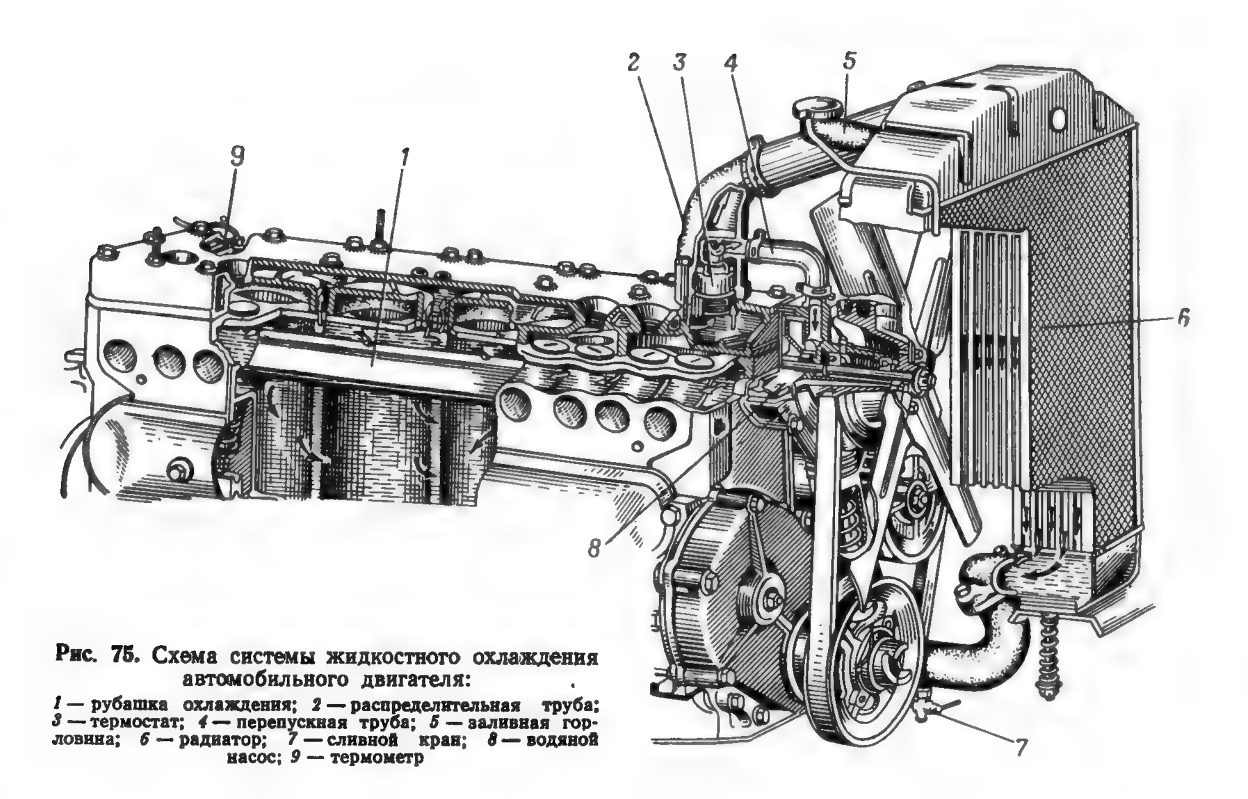


Рис. 75. Схема системы жидкостного охлаждения автомобильного двигателя:

1 — рубашка охлаждения; *2* — распределительная труба; *3* — термостат; *4* — перепускная труба; *5* — заливная горловина; *6* — радиатор; *7* — сливной кран; *8* — водяной насос; *9* — термометр

По трубкам в трубчатом радиаторе из верхнего резервуара в нижний течет охлаждающая жидкость. К патрубкам припаяны надетые на них охлаждающие пластины. Между трубками и охлаждающими пластинами проходит холодный воздух. Нагревшаяся жидкость, протекая по трубкам, нагревает их, а сама охлаждается.

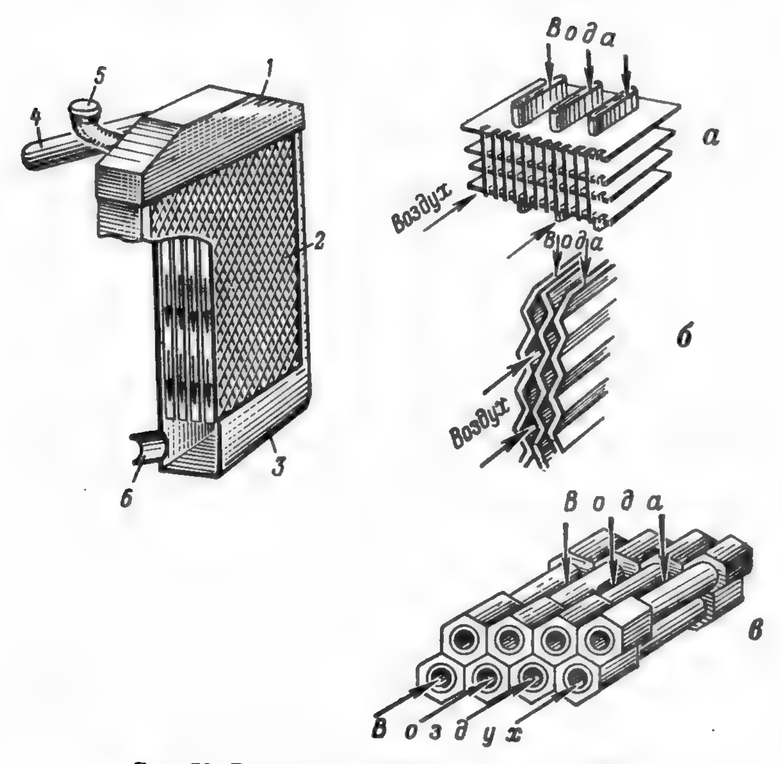


Рис. 76. Радиатор и различные виды сердцевин:

1 — верхний резервуар; 2 — сердцевина; 3 — нижний резервуар; 4 — подводящий патрубок; 5 — заливная горловина; 6 — отводящий патрубок

От трубок тепло передается охлаждающим пластинам. Так как поверхность трубок и охлаждающих пластин очень большая, холодный воздух быстро отнимает от них тепло и температура их снижается. Охлаждающая жидкость, протекая по трубкам радиатора, успевает охладиться на 10—15° С.

В радиаторах с пластинчатой сердцевиной жидкость течет между близко расположенными пластинами, а в сердцевине сотового типа — вокруг горизонтально расположенных трубок.

Водяной насос служит для создания циркуляции жидкости в системе охлаждения двигателя. У большинства двигателей водяные насосы центробежного действия (рис. 77).

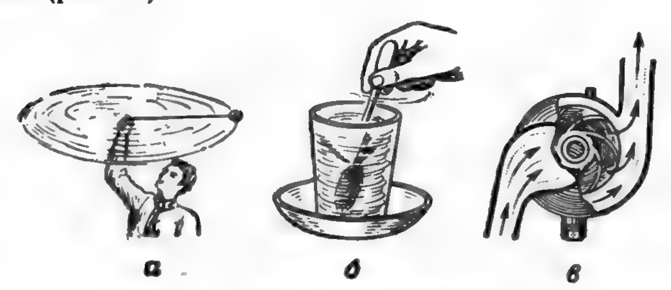


Рис. 77. Действие центробежной силы

Поступающая к центру насоса жидкость захватывается лопатками быстровращающейся крыльчатки и центробежной силой отбрасывается к корпусу насоса. В корпусе насоса делаются один или два патрубка, по которым жидкость отводится от насоса и нагнетается в рубашку охлаждения двигателя.

На рис. 78 водяной насос двигателя показан в разрезе. Валик *1* насоса вращается в двух подшипниках, установленных в корпусе *2*. На одном конце валика закреплена крыльчатка *3*; на другом конце установлен шкив *4* с закрепленным на нем вентилятором *5*. Шкив, а следовательно, и крыльчатка насоса вращаются с помощью приводного ремня *6*, передающего вращение от шкива, установленного на коленчатом валу двигателя. Охлаждающая жидкость поступает в насос по патрубку и лопастями крыльчатки *3* отбрасывается к стенкам корпуса. По другому патрубку (на схеме не видно) жидкость подается в рубашку охлаждения двигателя.

Вентилятор (рис. 79) предназначен для продувки воздуха через радиатор. Он состоит из нескольких лопастей (2—6). Лопасти крепятся болтами или привариваются к крестовине, которая в свою очередь привертывается к шкиву. Для вращения вентилятора применяется обычно

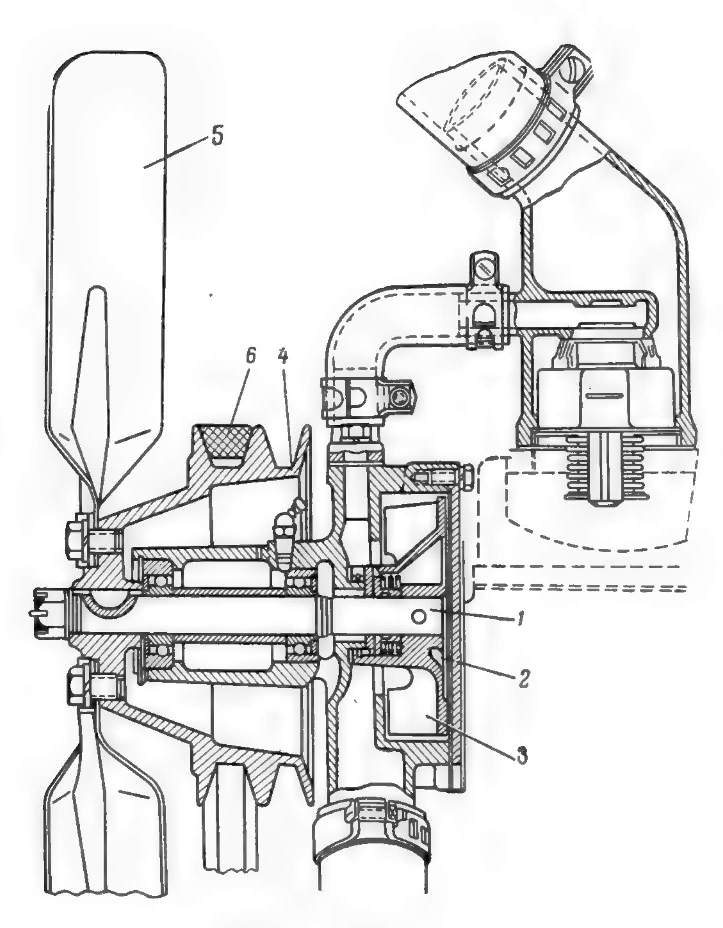


Рис. 78. Водяной насос:

1 — валик насоса; *2* — корпус; *3* — крыльчатка; *4* — шкив; *5* — вентилятор; *6* — приводной ремень

ременная передача. Ведущий шкив *1* укреплен на носке коленчатого вала. Ведомый шкив *2*, к которому крепится крестовина, обычно устанавливается на вал водяного насоса. Вращение передается с помощью 1—2 клиновидных ремней. В соответствии с этим и шкивы имеют по одной или по две канавки. Во время работы ремни вытягиваются и начинают пробуксовывать. Для натяжения их установлен дополнительно еще один натяжной

шкив *3*. Перемещая этот шкив, можно натягивать ремни передачи.

Устройство паровоздушного клапана показано на рис. 80. Нагреваясь, жидкость в системе охлаждения двигателя частично испаряется, причем испаряется при любой температуре и тем больше, чем выше температура нагревания и чем больше площадь испарения. Так, вода в блюдце, поставленном в солнечный день на окно, испарится за несколько минут.

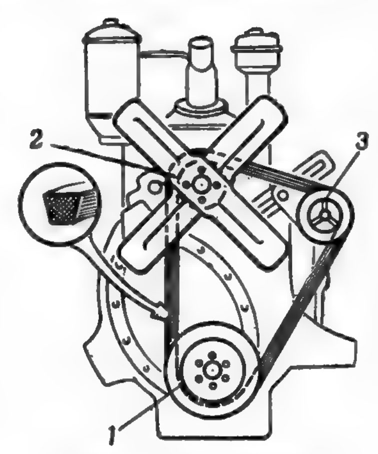


Рис. 79. Вентилятор:
1 — ведущий шкив; *2* — ведомый шкив; *3* — натяжной шкив

Вода непрерывно испаряется, и в системе охлаждения двигателя скапливается много пара. Если бы система охлаждения не сообщалась непосредственно с атмосферой (такая система охлаждения называется з а к р ы т о й), то увеличивалось бы количество пара в системе, следовательно, непрерывно повышалось бы давление. В закрытой системе при температуре воды 100° С давление равно 1 *кг/см²*, при температуре воды 110° С — 1,4 *кг/см²*, а при увеличении температуры до 115° С повышается до 1,7 *кг/см²*. Если пар не будет выходить из системы охлаждения, то при дальнейшем увеличении температуры и давления может произойти разрушение системы охлаждения. Это явление подобно явлению взрыва паровых котлов: если пар из котла вовремя не отводить, то под создавшимся давлением паровой котел может разорваться на части. В радиаторах чаще всего разрушаются места пайки.

Самое простое средство предохранения системы охлаждения от разрушения — сообщение ее с атмосферой, чтобы пар постоянно выходил из системы наружу. Такая система охлаждения называется о т к р ы т о й. В открытой системе охлаждения охлаждающая жидкость быстро испаряется. При испарении жидкости головки блоков ци-

линдров не находились бы в охлаждающей жидкости и двигатель неизбежно перегрелся бы. Поэтому в современных двигателях системы охлаждения устраивают закрытыми, но снабжают предохранительными или, как их называют, **паровыми клапанами**.

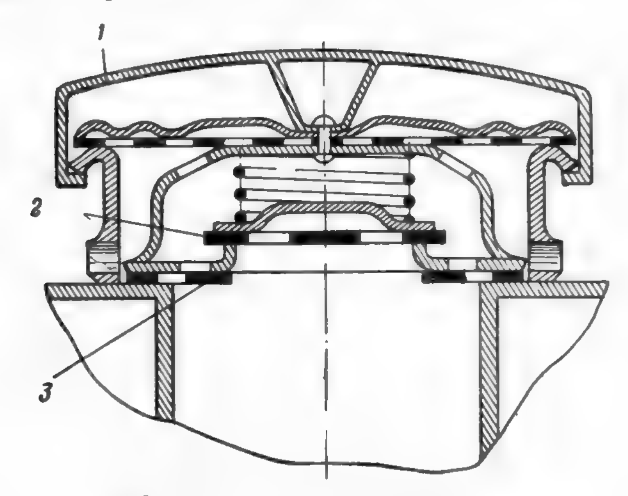


Рис. 80. Паровоздушный клапан:
1 — крышка заливной горловины; *2* — паровой клапан; *3* — воздушный клапан

Подобно тому как в паровых котлах, например в котле паровоза, предохранительный клапан предохраняет котел от разрушения, так и в системе охлаждения двигателя паровой клапан не допускает повышения давления пара выше определенных пределов и тем предохраняет систему от разрушения.

Паровой клапан *2* (рис. 80) выполняется обычно в виде тарельчатого клапана. Пружиной, силу сжатия которой можно регулировать, он прижимается к седлу. Клапан устанавливается в самой высокой точке системы охлаждения, где скапливается пар. Как правило, его устанавливают в крышке заливной горловины.

Во время работы двигателя часть жидкости испаряется; поэтому после остановки двигателя и охлаждения жидкости объем ее уменьшается и внутри системы охлаждения образуется разрежение, т. е. давление внутри системы оказывается меньше давления наружного воз-

духа. В этом случае возможно смятие трубок радиатора под давлением наружного воздуха.

Для предохранения трубок от смятия и разрушения необходимо, чтобы при понижении давления внутри системы охлаждения в нее проникал наружный воздух. Тогда давление внутри системы и снаружи будет выравниваться. С этой целью в некоторых системах охлаждения устраивается так называемый воздушный клапан *3*. Его устройство такое же, как парового клапана, но действие противоположно действию парового клапана. Если паровой клапан выпускает пар из системы, то воздушный клапан впускает воздух внутрь системы. Обычно воздушный клапан устанавливают вместе с паровым в крышке заливной горловины, и все устройство называют паровоздушным клапаном.

Регулирование температуры охлаждающей жидкости

В жидкостной системе охлаждения охлаждающая жидкость отводит излишек тепла от нагревающихся деталей двигателя и при этом сама нагревается. Чем сильнее нагреты детали, тем больше они передают тепла охлаждающей жидкости. Следовательно, температура охлаждающей жидкости может служить показателем нагревания деталей двигателя, т. е. показателем теплового режима двигателя.

Для контроля за тепловым режимом в трубопроводе, соединяющем рубашку охлаждения двигателя с радиатором, или в головке блока устанавливают термометр.

Нижний предел температуры охлаждающей жидкости определяется процессом сгорания горючего. Как уже говорилось, при недостаточной температуре деталей горючее сгорает не полностью, образуются смолы, вследствие чего нарушается работа двигателя (ухудшается экономичность, повышается износ деталей). Для того чтобы двигатель работал нормально, температура охлаждающей жидкости, выходящей из рубашки охлаждения двигателя, не должна быть меньше 55—60° С.

Верхний предел температуры охлаждающей жидкости определяется конструкцией двигателя, величиной зазоров между деталями и качеством смазочного масла. Почти у всех двигателей эта температура не должна быть выше

100—105° С. Повышение температуры охлаждающей жидкости до 100° С указывает на начавшийся перегрев двигателя и на необходимость принять срочные меры для того, чтобы снизить температуру.

Опытами установлена наивыгоднейшая температура охлаждающей жидкости, при которой современные двигатели развивают наибольшую мощность, меньше всего расходуют горючего и детали меньше изнашиваются; поэтому при эксплуатации двигателей нужно стараться поддерживать наивыгоднейшую температуру охлаждающей жидкости.

Для карбюраторных двигателей эта температура равна 75—85° С, а для двигателей с воспламенением от сжатия 80—90° С.

В некоторых системах охлаждения современных двигателей установлены специальные приспособления, называемые **термостатами**. Назначение термостатов — поддерживать наиболее выгодную для работы двигателя температуру охлаждающей жидкости. Достигается такая температура регулированием количества охлаждающей жидкости, поступающей для охлаждения в радиатор.

Термостат состоит из корпуса *3* (рис. 81), запаянного наглухо гофрированного цилиндра *7*, заполненного

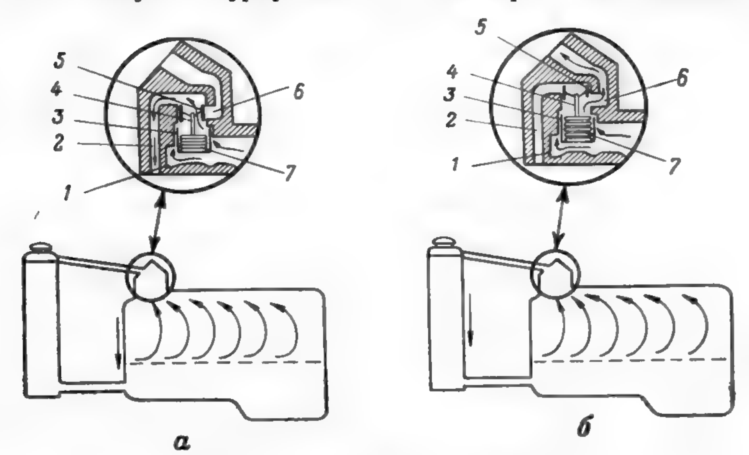


Рис. 81. Схема работы термостата:

а — охлаждающая жидкость циркулирует через перепускную трубку; *б* — охлаждающая жидкость циркулирует через радиатор; *1* — рубашка охлаждения двигателя; *2* — перепускная трубка; *3* — корпус термостата; *4* — стержень; *5* — клапан; *6* — окно для прохода жидкости в радиатор; *7* — гофрированный цилиндр

легкоиспаряющейся жидкостью (эфиром или смесью этилового спирта и воды), и соединенного с ним при помощи стержня *4* клапана *5*.

Обычно термостат устанавливается в верхнем патрубке, отводящем жидкость из рубашки охлаждения двигателя.

Работа термостата заключается в том, что он направляет охлаждающую жидкость (если температура ее ниже температуры, установленной для нормальной работы двигателя) из верхнего патрубка рубашки по перепускной трубке *2* в нижний патрубок, при этом охлаждающая жидкость минует радиатор. В результате двигатель быстро прогревается. Особенно это важно при прогреве двигателя после запуска, когда нужно быстро достичь нормальной температуры.

При низкой температуре охлаждающей жидкости термостат занимает положение, указанное на рис. 81, *а*. В этом положении гофрированный цилиндр сжат и клапан термостата закрывает окно *6* для прохода жидкости в радиатор. Охлаждающей жидкости остается только один путь — через перепускную трубку, минуя радиатор.

По мере нагревания охлаждающей жидкости повышается и температура гофрированного цилиндра *7*. Находящаяся в нем жидкость испаряется. Под давлением пара цилиндр *7* раздвигается и немного приподнимает клапан *5*. Охлаждающая жидкость проходит в небольшом количестве через окно *6* в радиатор. После того как охлаждающая жидкость нагреется до нормальной температуры, гофрированный цилиндр раздвигается полностью и поднимает клапан (рис. 81, *б*), который закрывает окно перепускной трубки *2*. Поступление жидкости в перепускной трубопровод прекращается. Одновременно клапан полностью открывает окно *6*, через которое вся охлаждающая жидкость поступает в радиатор. После понижения температуры охлаждающей жидкости в радиаторе термостат несколько закрывает окно *6* и количество жидкости, поступающей в радиатор, уменьшается. Жидкость нагревается, термостат снова открывает окно *6* и т. д.

Таким образом, термостат автоматически регулирует тепловой режим двигателя и уменьшает продолжительность прогрева двигателя после запуска.

Другой способ регулирования температуры охлаждающей жидкости — с помощью жалюзи. Жалюзи

(рис. 82) устанавливаются обычно перед радиатором. Они представляют собой железные пластины, закрывая которые можно уменьшать поток воздуха, проходящего через радиатор. При меньшем потоке воздуха, проходящем через радиатор, будет меньше тепла рассеиваться в

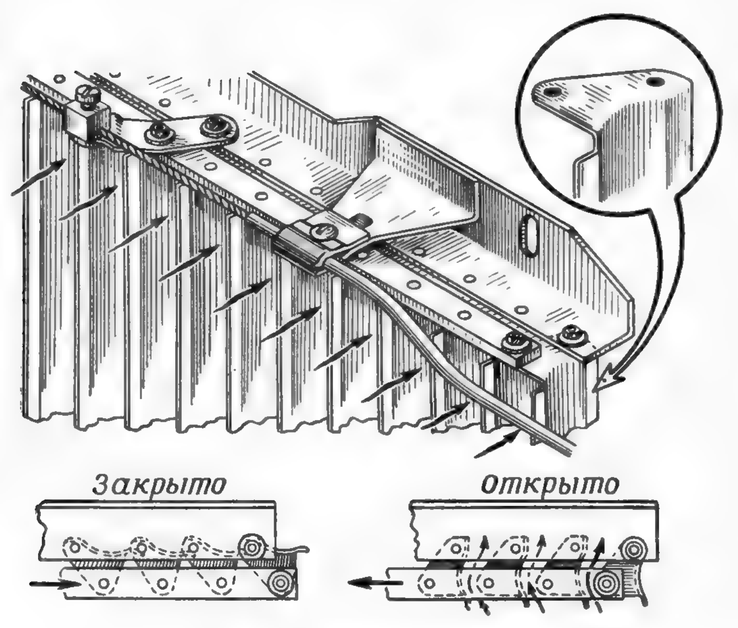


Рис. 82. Жалюзи радиатора

атмосферу, температура жидкости будет повышаться. У некоторых двигателей делают автоматическое управление жалюзи, соединяя его с термостатом, устанавливаемым в системе охлаждения.

Иногда на двигателях вместо жалюзи используют матерчатые шторки, закрывающие поверхность радиатора.

Охлаждающие жидкости

Самой распространенной и самой дешевой охлаждающей жидкостью является вода.

Вода лучше других охлаждающих жидкостей отводит тепло от нагревающихся деталей двигателя и передает его охлаждающему воздуху. Каждый килограмм воды,

нагреваясь на один градус, отнимает у нагретых стенок двигателя одну большую калорию, в то время как любые другие охлаждающие жидкости отнимают тепла значительно меньше. Но вода обладает некоторыми и отрицательными свойствами, к которым следует отнести высокую температуру замерзания, относительно низкую температуру кипения, коррозионное действие на металлы и способность образовывать накипь.

Рассмотрим эти свойства подробнее.

Вода, как известно, замерзает при нуле градусов, причем объем образующегося льда получается больше объема замерзающей воды. Если вода будет замерзать в каком-либо закрытом со всех сторон сосуде, то при расширении ее (при замерзании) возникнут очень большие силы, которые будут стремиться разрушить сосуд. Из-за этого расширения воды при замерзании происходит, например, разрушение рубашки охлаждения двигателя, трубок радиатора, насоса.

Чтобы предотвратить разрушение деталей системы охлаждения при замерзании воды, рекомендуется в зимнее время при температуре +5° С и ниже применять в системах охлаждения охлаждающие низкозамерзающие жидкости. В случае применения воды необходимо организовать тщательный контроль за своевременным сливом воды из системы охлаждения и обогрев двигателя.

В воде, используемой для охлаждения двигателей, всегда содержатся растворенные кислород и углекислота, а иногда и хлористые соединения или минеральные кислоты. Присутствие этих веществ вызывает коррозию металлических деталей, в результате чего последние разрушаются — возникает опасность вытекания воды из системы охлаждения и перегрева двигателя. Для предотвращения коррозионного действия воды в нее добавляют различные вещества, препятствующие разрушению деталей или замедляющие его.

Накипь

Нежелательным свойством воды, являющимся также следствием растворения в ней посторонних веществ, надо считать и свойство образовывать накипь на поверхности деталей системы охлаждения.

Откладываясь на нагревающихся стенках цилиндров и головок блока, накипь препятствует отводу тепла в

охлаждающую жидкость, так как обладает очень небольшим коэффициентом теплопроводности. Накипь служит своего рода теплоизоляцией.

Коэффициент теплопроводности накипи примерно раз в 20—30 меньше коэффициента теплопроводности железа или латуни. Это значит, что во столько же раз накипь хуже проводит тепло. Таким образом, если в системе охлаждения двигателя поддерживать температуру охлаждающей жидкости все время постоянной, то температура стенок цилиндров и головок блока под слоем накипи будет выше, чем температура, замеренная в тех же точках при отсутствии накипи.

Рассмотрим рис. 83. Если поддерживать температуру охлаждающей жидкости в системе охлаждения двига-

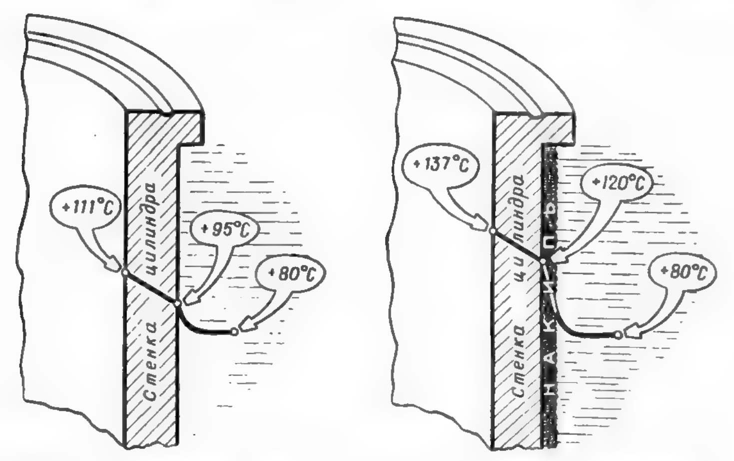


Рис. 83. Повышение температуры стенок цилиндров двигателя при отложении накипи

теля, равную 80° С, то при отсутствии накипи температура поверхности стенки цилиндра, омываемой охлаждающей жидкостью, будет 95° С, а поверхности, омываемой горячими газами — 111° С. При той же температуре охлаждающей жидкости, но при наличии на поверхности цилиндров слоя накипи толщиной примерно 1 *мм*, температура наружной стенки цилиндра будет 120° С, а внутренней — 137° С. Как видно, температура металла повысится больше чем на 25° С. Опасность

такого явления заключается в том, что перегрев металла нельзя обнаружить, так как в системе охлаждения контролируется только температура охлаждающей жидкости, а температура, как видно из приведенного примера, одинакова в обоих случаях (80° С).

Перегрев деталей двигателя может вызвать, как указывалось, уменьшение вязкости и выгорание смазки на поверхности деталей, увеличение трения и, как следствие, повышенный износ трущихся поверхностей. Кроме того, перегрев деталей может привести к заклиниванию поршней в цилиндрах.

Накипь откладывается на стенках неравномерно. В одних местах больше, в других меньше, поэтому возможен местный перегрев металла. В результате такого перегрева появляются дополнительные тепловые напряжения и образуются трещины в металле. Особенно часто трещины возникают на чугунных головках блоков.

Накипь удаляют со стенок системы охлаждения химическим способом, с помощью раствора кислоты или щелочи (10% раствор кальцинированной соды или 2% раствор соляной кислоты).

Как же удаляют накипь из системы охлаждения двигателя? При отсутствии специального оборудования раствор для удаления накипи, например 10% раствор каустической соды, заливают в систему охлаждения, двигатель запускают и прогревают до тех пор, пока температура раствора не поднимется до 80° С. После этого двигатель останавливают. Раствор остается в системе на 10—12 часов (практически на ночь). Затем снова запускают двигатель и дают ему проработать 5—10 минут, после чего сливают раствор и промывают систему охлаждения два — три раза проточной водой; каждый раз систему охлаждения заполняют полностью.

Так как все растворы, разрушая и растворяя накипь, одновременно вызывают протравливание металла, при частом удалении накипи может произойти разрушение металла и появиться течь. Поэтому целесообразно заливать в систему охлаждения воду, не дающую отложения накипи, т. е. мягкую воду. Мягкая вода не всегда имеется в наличии, поэтому приходится искусственно смягчать жесткую воду.

Смягчение воды заключается в том, что в жесткую воду добавляют какие-либо вещества, которые, вступая

в химическую реакцию с накипеобразователями, заставляют их выделяться из воды раньше, чем воду зальют в систему охлаждения, или же вообще не позволяют накипеобразователям выделяться из воды.

К веществам, заставляющим выделяться накипеобразователи из воды, относится сода, тринатрийфосфат и др. Эти вещества в небольшом количестве растворяют в воде, после чего воду перемешивают и дают ей отстояться в течение нескольких часов. Отстоявшуюся воду заливают в систему охлаждения. Растворять эти вещества непосредственно в системе охлаждения нельзя, так как выделившиеся частички накипеобразователей могут скапливаться в узких местах и закрывать проход охлаждающей жидкости.

Из веществ, препятствующих выделению накипеобразователей из воды, наиболее распространен хромпик. Хромпик представляет собой вещество красного цвета, кристаллы которого легко растворяются в воде; его можно растворить непосредственно в воде, залитой в систему охлаждения. Берется хромпика 0,5% от объема смягчаемой воды; он удобен в том отношении, что для применения его не требуется специального оборудования. Кроме того, хромпик, растворяясь в воде, образует на поверхности деталей системы охлаждения защитную окисную пленку. Эта пленка хорошо предохраняет металлические детали от коррозии.

Глава VII

ПУСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Для того чтобы двигатель начал работать и отдавать полезную мощность, необходимо запустить его.

Под **з а п у с к о м** двигателя понимается прокручивание от постороннего источника коленчатого вала с такой скоростью, чтобы обеспечить первоначальные условия для протекания в цилиндрах рабочих циклов, периодически повторяющихся и обусловливающих самостоятельную работу двигателя.

Скорость проворачивания коленчатого вала карбюраторного двигателя при запуске должна быть 60—80 оборотов в минуту, а двигателя с воспламенением от сжатия (дизеля) — 120—150 оборотов в минуту.

Коленчатый вал двигателя можно проворачивать вручную при помощи пусковой рукоятки, электрическим стартером, специальным пусковым двигателем или же с помощью сжатого воздуха.

Вручную прокручиваются только двигатели небольшой мощности. На рис. 84 показана пусковая рукоятка двигателя. Носок коленчатого вала заканчивается храповиком *1* с двумя или несколькими зубьями.

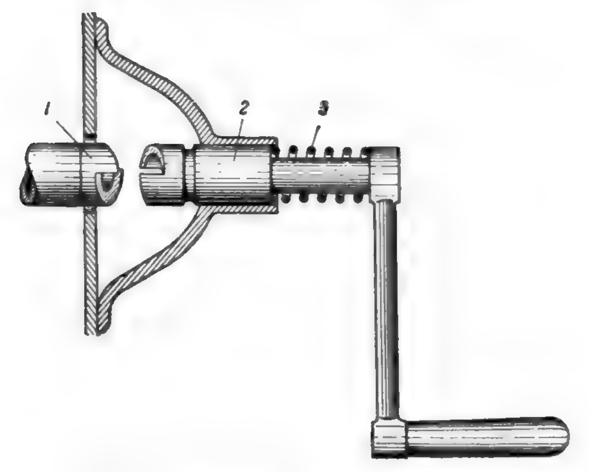


Рис. 84. Пусковая рукоятка двигателя:
1 — храповик; *2* — стержень пусковой рукоятки; *3* — пружина

Такими же зубьями заканчивается стержень *2* пусковой рукоятки. Пружина *3* все время отводит рукоятку вправо. При прокручивании коленчатого вала вначале нужно нажать рукой на пусковую рукоятку, чтобы пружина *3* сжалась и зубья пусковой рукоятки вошли в зацепления с зубьями храповика. При вращении пусковой рукоятки по часовой стрелке в том же направлении вращается и коленчатый вал двигателя. Зубья храповика с одной стороны скошены. Как только двигатель начнет работать и коленчатый вал будет вращаться быстрее, чем пусковая рукоятка, зубья храповика коленчатого вала, скользя по скосам зубьев пусковой рукоятки, вытолкнут ее из зацепления с храповиком. Так происходит разъединение вала и пусковой рукоятки. У некоторых двигателей

вращают пусковую рукоятку не рукой, а ногой (двигатели мотоциклов и др.).

Большинство современных двигателей оснащено для запуска электрическими стартерами. Электрический стартер представляет собой электромотор постоянного тока. Он соединяется с коленчатым валом на время пуска и автоматически отключается после запуска двигателя.

Как видно из рис. 85, на котором изображена электрическая схема стартера, обмотка возбуждения *1* включена последовательно с обмоткой якоря *2*, т. е. стартер является сериесным электродвигателем. Особенность сериесного электродвигателя заключается в способности при пуске развивать большой крутящий момент, достаточный для преодоления сопротивления двигателя. Рассмотрим устройство и работу стартера наиболее распространенного типа.

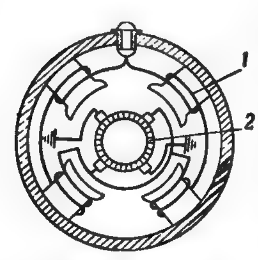


Рис. 85. Электрическая схема стартера: *1* — обмотка возбуждения; *2* — обмотка якоря

Стартер (рис. 86) состоит из корпуса *1* с закрепленными в нем магнитными полюсными башмаками *2*, на которых намотаны обмотки возбуждения *3*. Внутри корпуса расположены якорь *4* с коллектором *5* и щеткодержатель *6* с закрепленными в нем медно-графитовыми щетками. На конце вала якоря *4* имеется привод для передачи вращения в период запуска от вала якоря к маховику, установленному на конце коленчатого вала двигателя.

Рассмотрим устройство привода стартера, изображенного на рис. 86. При включении стартера поворачивается рычаг *7* привода, который нижним концом перемещает отводку *8*. Отводка при помощи пружины *9* перемещает муфту свободного хода *10* вместе с шестерней *11*. Шестерня входит в зацепление с зубчатым венцом маховика.

Рычаг *7*, после того как шестерня *11* войдет в зацепление с зубчатым венцом маховика, нажмет на кнопку *12* включателя стартера; якорь стартера начнет вращаться и через зубчатую передачу будет сообщать вращение коленчатому валу.

Муфта свободного хода (рис. 87) передает вращение только в направлении от вала стартера к шестерне и да-

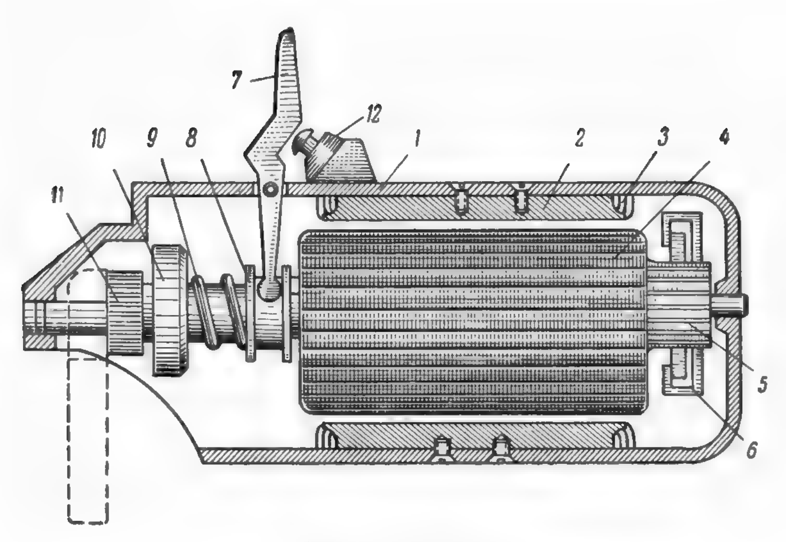


Рис. 86. Стартер:

1 — корпус; *2* — магнитные полюсные башмаки; *3* — обмотка возбуждения; *4* — якорь; *5* — коллектор; *6* — щеткодержатель; *7* — рычаг привода; *8* — отводка; *9* — пружина; *10* — муфта свободного хода; *11* — шестерня привода; *12* — кнопка включателя

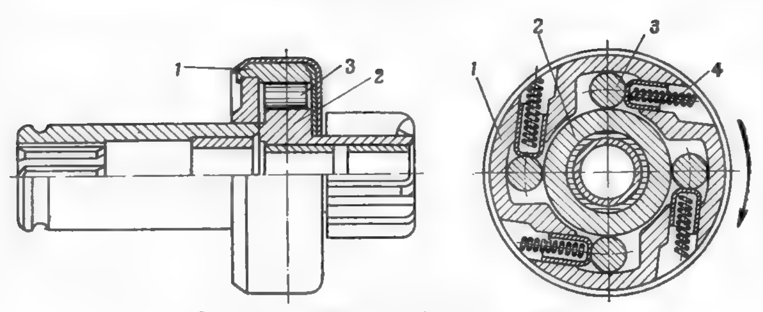


Рис. 87. Муфта свободного хода:

1 — наружная обойма; *2* — внутренняя обойма; *3* — ролики; *4* — пружина

лее к маховику коленчатого вала. Она состоит из наружной обоймы *1*, выполненной с валом стартера шлицами, и внутренней обоймы *2*, соединяемой как целое с шестерней привода. В наружной обойме *1* выполнены клиновидные канавки, в которых помещаются ролики *3*. При вращении вала стартера и, следовательно, наружной обоймы в сторону, указанную стрелкой, ролики закли-

ниваются в канавках и начинают вращать внутреннюю обойму, а вместе с ней и шестерню. После того как двигатель начнет работать, шестерня привода будет вращаться от зубчатого венца маховика, ролики расклинятся и передача вращения прекратится.

После того как рычаг *7* займет первоначальное положение, пружина *9* разъединит шестерню *11* привода с зубчатым венцом маховика.

Для прокручивания коленчатого вала мощных двигателей, особенно двигателей с воспламенением от сжатия, требуются очень мощные пусковые устройства; поэтому иногда выгодно устанавливать вместе с основным двигателем специальный пусковой двигатель. Подобный двигатель используется для пуска двигателя М-17 на тракторе С-65.

Небольшие пусковые двигатели нетрудно запускать. После запуска отработавшие газы используются для подогрева всасывающего коллектора основного двигателя, а нагревающаяся в рубашке охлаждения пускового двигателя вода обогревает цилиндры и головку блока основного двигателя. Для привода основного двигателя от пускового применяется фрикционная передача.

Этот способ запуска оказывается весьма надежным при эксплуатации двигателей в условиях очень низкой температуры атмосферного воздуха. Некоторые двигатели, например стационарные и судовые двигатели с воспламенением от сжатия, запускаются при помощи сжатого воздуха (рис. 88).

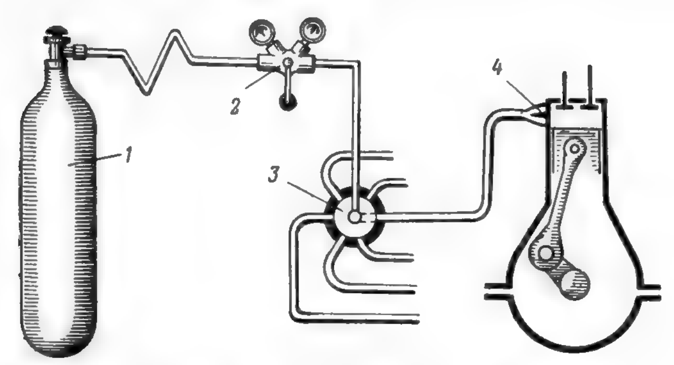


Рис. 88. Схема пуска двигателя сжатым воздухом:

1 — баллон со сжатым воздухом; *2* — ручной кран-редуктор; *3* — воздухораспределитель; *4* — пусковой клапан

Сжатый воздух хранится в баллонах под высоким давлением. Обычно это давление равно 150 *кг/см²*. Из баллонов *1* воздух через ручной кран-редуктор *2* с манометрами поступает в воздухораспределитель *3*, откуда в зависимости от порядка работы цилиндров двигателя подается в конце такта сжатия в любой цилиндр. Для разъединения воздухопроводов с цилиндрами служат автоматические пусковые клапаны *4*.

Манометры, устанавливаемые на ручном кране-редукторе *2*, предназначены для контроля давления воздуха в баллонах и давления воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.

Кроме перечисленных пусковых средств, для облегчения запуска двигателей применяются: свечи накаливания, подогрев впускаемого воздуха, подогрев водяной и масляной систем двигателя, декомпрессоры.

Свечи накаливания и подогрев впускаемого воздуха облегчают воспламенение горючего в цилиндрах. Подогрев масляной и водяной систем двигателя уменьшает сопротивление прокручиванию коленчатого вала двигателя основными пусковыми устройствами. Для уменьшения сопротивления двигателя в первоначальный момент прокручивания коленчатого вала применяются также декомпрессоры.

Декомпрессоры представляют собой специальные клапаны, устанавливаемые на головках двигателя. Во время запуска двигателя клапаны открываются и камеры сжатия сообщаются с атмосферой. Благодаря этому давление сжатия рабочей смеси (в карбюраторных двигателях) или воздуха (в дизелях) уменьшается и соответственно облегчается прокручивание коленчатого вала двигателя.

Глава VIII

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЯ И УХОД ЗА НИМ

Подготовка двигателя к запуску

Прежде чем производить запуск, необходимо двигатель тщательно подготовить.

При подготовке двигателя к запуску надо выполнить приведенные ниже операции.

Проверить соединения и предупредить возможность течи (течь горючего или масла может привести не только к потерям, но и к пожару).

Убедиться в наличии нормального уровня горючего, масла и охлаждающей жидкости.

Убедиться в исправности топливоподающей системы, прокачать вручную горючее до карбюратора или топливного насоса высокого давления, чтобы предупредить появление воздушных пробок в топливных трубопроводах и фильтрах.

Перед запуском восстановить масляную пленку на трущихся деталях. Для этого с помощью ручного масляного насоса, установленного на некоторых двигателях, создать предварительное давление масла в системе. Если такого насоса нет, то перед запуском провернуть коленчатый вал двигателя на несколько оборотов, не подавая горючего и выключив зажигание.

Убедиться в достаточной заряженности аккумуляторных батарей, питающих электрический стартер, и в достаточном давлении воздуха, если запуск осуществляется сжатым воздухом.

Убедиться в нормальной работе искровых зажигательных свечей.

Для запуска двигателя провернуть коленчатый вал. В карбюраторном двигателе при этом необходимо включить зажигание, закрыть воздушную заслонку, оставив дроссельную заслонку прикрытой. В двигателе с воспламенением от сжатия установить подачу горючего, составляющую 30—40% от полной подачи.

Скорость провертывания коленчатого вала карбюраторного двигателя должна быть 60—80 оборотов в минуту. Для двигателя с воспламенением от сжатия скорость повышается до 80—120 *об/мин*, так как при запуске этого двигателя решающее значение имеют температура и давление в конце такта сжатия. При малом числе оборотов вследствие большого перетекания воздуха под поршень нужного давления не удается добиться. Температура при малых оборотах также поднимается очень медленно, так как холодные детали успевают отвести большое количество тепла.

Для облегчения запуска следует разъединить вал двигателя с силовой передачей в момент запуска.

При запуске двигателя необходимо принимать меры предосторожности, чтобы предотвратить поломку деталей двигателя или механизма, приводимого в действие двигателем, и травмы обслуживающего персонала.

Запуск в зимних условиях

Запуск двигателей в зимних условиях значительно усложняется. Низкая температура атмосферного воздуха и соответственно деталей двигателя затрудняет создание необходимых условий для воспламенения и сгорания рабочей смеси в цилиндрах. Температура при сжатии в цилиндре рабочей смеси или воздуха оказывается значительно меньше потребной и очень быстро снижается вследствие того, что холодные стенки цилиндра поглощают много тепла. Горючее становится более плотным и менее подвижным, а поэтому нельзя создать рабочую смесь нужного качества, так как и испарение горючего происходит плохо. Масло при низкой температуре становится более густым, плохо проникает в зазоры между трущимися деталями. Таким образом, условия смазки также становятся неудовлетворительными. Кроме того, загустевшее масло и уменьшенные зазоры сильно увеличивают сопротивление двигателя прокручиванию.

Для смягчения влияния зимних условий на работу двигателя и, в частности, на запуск применяют специальные зимние сорта горючего (для двигателей с воспламенением от сжатия) и масел. Зимние горючее и масла имеют меньшую вязкость и потому несколько облегчается прокручивание двигателя и прокачка горючего, улучшается качество распыливания горючего. Однако не решается главная задача — создание необходимых условий (температура и давление) для воспламенения и сгорания рабочей смеси. Считается наиболее полезным, чтобы при запуске в зимних условиях температура стенок цилиндра была равна 40—50° С. С этой целью через систему охлаждения пропускают горячую воду (нагретую до 80—90° С) и заливают в картер горячее масло, имеющее такую же температуру. Такой способ, однако, неудобен для двигателей большой мощности, имеющих развитую систему охлаждения. В систему охлаждения мощных двигателей обычно устанавливают котел-подогреватель, который нагревают паяльной лампой или горелкой, спе-

циально для этого предусмотренной. Нагретая вода, поступающая из котла-подогревателя в систему охлаждения, нагревает стенки цилиндра и обеспечивает условия для запуска. Двигатели с воздушным охлаждением нагревают потоком горячего воздуха или пламенем паяльной лампы.

Кроме разогрева стенок цилиндров, применяют разогрев воздуха на впуске в двигатель. Для этого или разогревают впускной трубопровод снаружи, или сжигают в нем малые порции горючего. Менее удобен (опасен в пожарном отношении) способ нагрева открытым пламенем (паяльной лампой). Разогрев воздуха во впускном трубопроводе сжиганием в нем горючего пригоден только для двигателей с воспламенением от сжатия, так как в карбюраторном двигателе и во впускном трубопроводе находится уже готовая смесь.

Не рекомендуется при запуске заливать под свечи бензин, как иногда делают. Если на сердечнике свечи есть отложения нагара, то он увлажнится бензином и электрический ток будет замыкаться, вместо того, чтобы создавать искру.

Прогрев и работа на эксплуатационных режимах

После запуска двигателя нельзя сразу же нагружать его или работать на больших оборотах, так как холодное масло имеет низкую вязкость, плохо разбрызгивается и с трудом проникает в зазоры между трущимися поверхностями. Двигатель должен поработать на холостых оборотах или, как говорят, должен прогреться. Двигатель прогревают на малых, но устойчивых оборотах, постепенно переходя к средним оборотам. Длительность прогрева зависит от температуры атмосферного воздуха.

Особенно важно хорошо прогреть двигатель зимой. Однако длительный прогрев на малых оборотах в зимнее время вызывает осмоление деталей, особенно на двигателях с воспламенением от сжатия. Это объясняется малым количеством выделяющегося тепла и образованием в этих условиях смолистых веществ.

Осмоление может быть настолько значительным, что поршни заклиниваются в цилиндрах и провернуть коленчатый вал невозможно. В качестве меры, предотвращающей осмоление, допускается прогревать двигатель после

того, как температура масла достигнет 20°, с частичной нагрузкой, не превышая средних оборотов (1000—1100).

Прогретый двигатель можно использовать на любом режиме работы в соответствии с потребностями. Стационарные, судовые и авиационные двигатели работают постоянно на одном, установившемся режиме. Другие же двигатели транспортных и боевых машин вынуждены непрерывно изменять режим работы в связи с непрерывным изменением сил сопротивления движению машины. Режим работы (по нагрузке и оборотам) следует изменять плавно. Любое резкое изменение нагрузки или оборотов вызывает большие усилия в сопряженных парах деталей и, следовательно, быстрый их износ и сокращение срока службы двигателя.

Остановка двигателя

Неправильная остановка (глушение) двигателя неизбежно вызывает неприятности при запуске. Останавливая двигатель, следует соблюдать установленные правила. Нельзя останавливать двигатель сразу после работы с большой нагрузкой. В этом случае, как только двигатель остановится, работа системы охлаждения прекратится, температура стенок цилиндра и головки начнет повышаться, а охлаждающая жидкость, доведенная до кипения, будет выплескиваться через пробку радиатора. Повышение температуры стенок вызывает понижение вязкости масла; масло стекает со стенок; из-за отсутствия масляной пленки на стенках цилиндра при последующем запуске двигателя повышается износ зеркала цилиндра и поршневых колец. Кроме того, уменьшается плотность прилегания колец к стенкам. Неплотное прилегание колец приводит к тому, что много рабочей смеси или воздуха проходит в подпоршневое пространство, ухудшается наполнение цилиндра и уменьшаются температура и давление в конце такта сжатия.

Остановка двигателя при высокой температуре может вызвать трещины и коробление головки блока. Система охлаждения не всегда заполнена до нормального уровня, поэтому после прекращения циркуляции воды некоторые поверхности будут открыты; так как отвод тепла от них прекращается, температура их окажется значительно выше, чем в соседних зонах. Местные тем-

пературные расширения могут вызвать такие большие напряжения в металле, что головка покоробится или даст трещину. При таких же условиях происходит вытягивание шпилек, на которых крепится головка к блоку, и нарушение плотности разъема. В нарушенных участках начинается просачивание охлаждающей жидкости через прокладку головки блока наружу или, что значительно хуже, внутрь цилиндра.

Если двигатель, охлаждаемый водой, остановить при высокой температуре (выше 70°), то после слива воды в полостях системы охлаждения останется много водяных паров, которые в дальнейшем превращаются в воду. В случае замерзания воды в какой-либо точке системы охлаждения может произойти разрушение отдельных участков системы.

Для того чтобы исключить вредные явления, следует останавливать двигатель после того, как он проработает несколько минут без нагрузки на средних оборотах и температура охлаждающей жидкости снизится до 60—70°. Не нужно в момент остановки карбюраторного двигателя резко повышать обороты, как это иногда делают якобы для облегчения последующего запуска двигателя. Такое повышение оборотов вызовет поворот коленчатого вала на 2—3 оборота после выключения зажигания. Цилиндры заполняются горючей смесью. В дальнейшем, когда двигатель остынет, горючее выделится из смеси, осядет на стенках цилиндра и смоет масляную пленку.

Особенности эксплуатации в зимних и летних условиях

Особые трудности при запуске, а также при эксплуатации двигателя возникают зимой. Эти трудности связаны с ухудшением прокачиваемости горючего и масла при низкой температуре, с возможностью замерзания воды в системе охлаждения, если двигатель охлаждается водой, с возможностью появления ледяных пробок в топливных и масляных трубопроводах (когда в масло или горючее попадает вода).

Если система охлаждения заправлена не охлаждающей низкозамерзающей жидкостью, а водой, необходимо все время следить за температурой воды. На остановках двигатель приходится утеплять ковриками, специальными

капотами или применять другие способы. На длительных остановках воду из системы охлаждения необходимо слить и тщательно проверить, не осталась ли она в системе. Лед, в который превращается вода при низкой температуре, имеет свойство расширяться. Расширение происходит в замкнутом пространстве; под давлением льда трубопроводы и даже стенки рубашки охлаждения двигателя обычно разрушаются.

В летних условиях возникают также некоторые затруднения в эксплуатации двигателей, связанные с высокой температурой атмосферного воздуха и его запыленностью.

Высокая температура воздуха ограничивает возможности системы охлаждения в отводе тепла от стенок цилиндра. В связи с этим двигатель не может длительное время работать при большой нагрузке из-за опасности его перегрева. Помимо того, из-за высокой температуры воздуха значительно уменьшается плотность его, следовательно, ухудшается наполнение цилиндра и уменьшается мощность двигателя.

Запыленность воздуха приводит к тому, что быстро забиваются пылью фильтрующие элементы и пылесборники и повышается сопротивление воздухоочистителя проходу воздуха. Повышение сопротивления воздухоочистителя еще на некоторую величину уменьшает наполнение цилиндров. Слой пыли затрудняет охлаждение поверхности деталей. В результате весьма напряженные температурные условия работы двигателя еще более усложняются, возникает опасность перегрева двигателя.

Перегрев двигателя можно заметить по повышению сверх нормы температуры охлаждающей жидкости, температуры масла или и температуры охлаждающей жидкости и температуры масла.

Если сверх допустимых пределов поднялась температура охлаждающей жидкости, то для снижения ее необходимо уменьшить нагрузку на двигатель и продолжать работу, не сбавляя оборотов, даже несколько повышая их, чтобы увеличить производительность системы охлаждения (вентилятора и водяного насоса). Таким путем можно уменьшить количество тепла, воспринимаемого деталями двигателя, и увеличить количество тепла, отводимого системой охлаждения. Температура охлаждающей жидкости будет снижена.

При сильном повышении температуры масла необходимо снизить нагрузку и обороты двигателя, так как скорость вращения коленчатого вала значительно влияет на температуру масла.

При перегреве, вызвавшем чрезмерное повышение температуры и охлаждающей жидкости и масла, следует в первую очередь снизить температуру масла, а затем, увеличивая производительность системы охлаждения, добиться снижения и температуры охлаждающей жидкости.

Техническое обслуживание двигателя

Техническое обслуживание двигателя производится периодически, причем операции по техническому обслуживанию выполняются в принудительном порядке. Обслуживание имеет целью обеспечить длительный срок службы двигателя и сохранить в течение этого срока все показатели его работы.

Основные операции технического обслуживания: контрольный осмотр, заправка эксплуатационными материалами, чистка, проверка и затяжка креплений (двигателя к фундаменту или раме, головки цилиндров к блоку, навесных агрегатов к двигателю и т. д.), проверка и регулировка систем распределения, питания и зажигания, смена смазки.

Периодичность операций технического обслуживания определяется для каждого двигателя в зависимости от его конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Цель контрольного осмотра — убедиться в отсутствии течи, в наличии достаточного для работы количества горючего, масла и охлаждающей жидкости, в нормальном внешнем виде всех агрегатов двигателя.

Дозаправлять горючее, масло и охлаждающую жидкость необходимо сразу по окончании работы двигателя.

При заправке принимаются меры предосторожности против возможного загрязнения. Пробки и горловины баков начисто вытирают перед открытием, чтобы пыль и грязь не попали в баки. Баки следует заправлять способом закрытой струи. При таком способе конец заправочного шланга плотно соединяется с горловиной бака. В случае заправки открытой струей горючее необходимо фильтровать через сетчатый или тканевый (шелк, фланель) фильтр, установленный в заправочной воронке.

Во время работы двигателя наблюдается тряска, причем сильная, если двигатель плохо уравновешен. Вследствие тряски расшатываются крепления двигателя и всех съемных частей и механизмов (головки блока цилиндров, карбюратора, свечей, впускного и выпускного коллекторов и др.). Ослабление крепления объясняется также усадкой уплотняющих прокладок.

Через неплотности просачиваются горючее, воздух, охлаждающая жидкость, масло и т. д.; поэтому техническим обслуживанием предусматривается периодическая подтяжка гаек и болтов крепления трубопроводов.

Регулировка систем газораспределения и питания

Регулировка системы газораспределения предусматривается не для всех двигателей. У некоторых она производится при ремонте. Регулировка системы газораспределения вызывается износом кулачков и толкателей или других соприкасающихся поверхностей, через которые осуществляется привод к клапанам. В результате износа изменяются момент начала открытия клапана и общее время, в которое впускное или выпускное отверстие цилиндра остается открытым. Это ухудшает работу двигателя.

Для своевременного открытия и закрытия клапана зазор между его стержнем и толкателем (или кулачком) должен находиться в пределах, предусмотренных заводом для каждой конструкции двигателя. Зазоры в клапанах регулируются при помощи специальных устройств на толкателе или коромысле, а иногда и на стержне самого клапана.

Значительное место в техническом обслуживании занимает проверка и регулировка системы питания. Обязательно регулируется работа карбюратора на оборотах холостого хода. Для этого на каждом карбюраторе установлены регулировочные винты, изменяющие сечение выходных отверстий системы холостого хода. Жиклеры карбюратора периодически проверяются на производительность (тарируются). Прибор для тарировки жиклеров изображен на рис. 89. Жиклер вставляют в пробку и вместе с ней устанавливают в приборе. В цилиндре *3* прибора поддерживается постоянный уровень воды. В водяные часы *2*, представляющие собой мерный сосуд, зали-

вают до метки воду. Для проверки одновременно открывают два крана: один 5 — для спуска воды через жиклер, другой 4 — для выпуска воды из водяных часов в основную трубу. Вода из водяных часов выливается в течение одного и того же времени. Так как уровень воды в трубе все время поддерживается постоянным, а жиклер не может пропустить всю воду, вытекающую из водяных часов, за такое же время, то часть воды перетекает в мерный цилиндр 8. Зная, сколько воды было в колбе водяных часов, сколько воды оказалось в мерном цилиндре и время, за которое вытекла вся вода из колбы водяных часов, определяют, какое количество горючего может пройти через данный жиклер в одну минуту. Производительность каждого жиклера установлена определенной и, если при проверке на приборе производительность отличается от установленной, то жиклер нужно исправить. Кроме жиклеров, просматриваются и промываются их распылители.

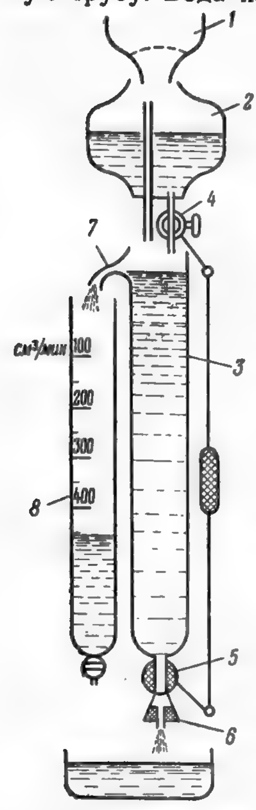


Рис. 89. Прибор для тарировки жиклеров: 1 — воронка; 2 — водяные часы; 3 — цилиндр постоянного уровня; 4 и 5 — сливные краники; 6 — резиновая пробка с испытуемым жиклером; 7 — сливная трубка; 8 — мерный цилиндр

В двигателях с воспламенением от сжатия проверке подвергаются форсунки или насос-форсунки. Топливные насосы высокого давления достаточно надежны в работе и при работе на хорошо профильтрованном горючем изнашиваются незначительно, поэтому насосы в течение межремонтного срока не регулируются.

У форсунок закрытого типа и насос-форсунок проверяют давление начала подъема иглы. Если оно снизилось, что вполне вероятно в процессе эксплуатации, то его доводят до нормального значения с помощью регулировочной гайки, поджимающей пружину иглы. Проверяются форсунки с помощью простого прибора, изображенного на рис. 90. Форсунку вставляют в

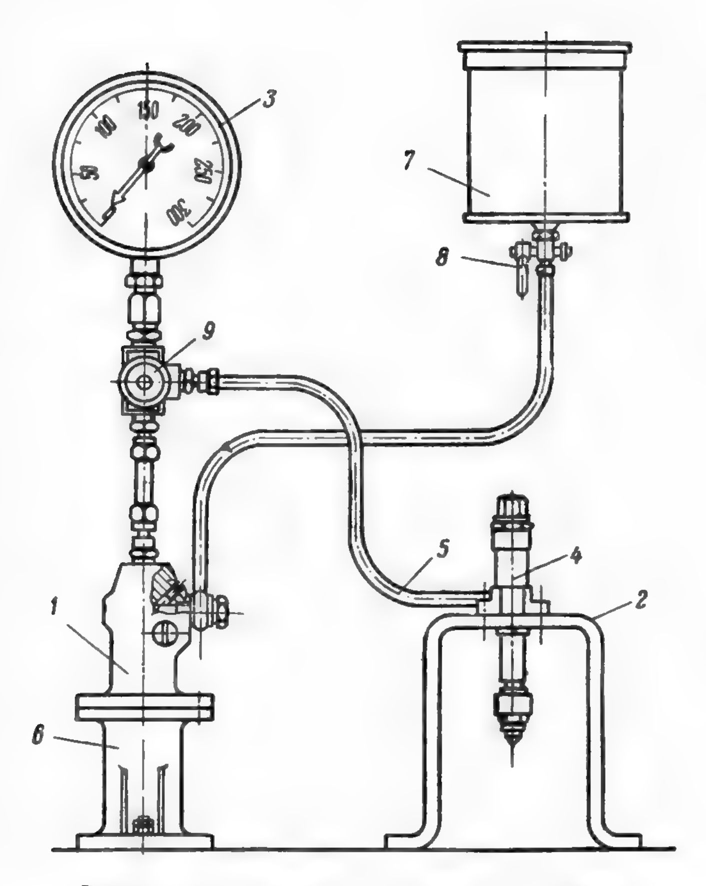


Рис. 90. Схема прибора для контроля форсунок:

1 — односекционный насос; *2* — кронштейн; *3* — манометр; *4* — испытуемая форсунка; *5* — трубопровод со штуцером; *6* — подставка для насоса; *7* — топливный резервуар; *8* — краник; *9* — тройник

кронштейн *2* и к ней присоединяют штуцер с трубопроводом *5* от односекционного насоса *1* высокого давления. Прокачивая рукояткой горючее, наблюдают за показаниями манометра *3*. Так как в штуцере манометра установлен обратный клапан, стрелка манометра в момент, когда сработает форсунка, останется на месте и покажет давление затяжки пружины иглы.

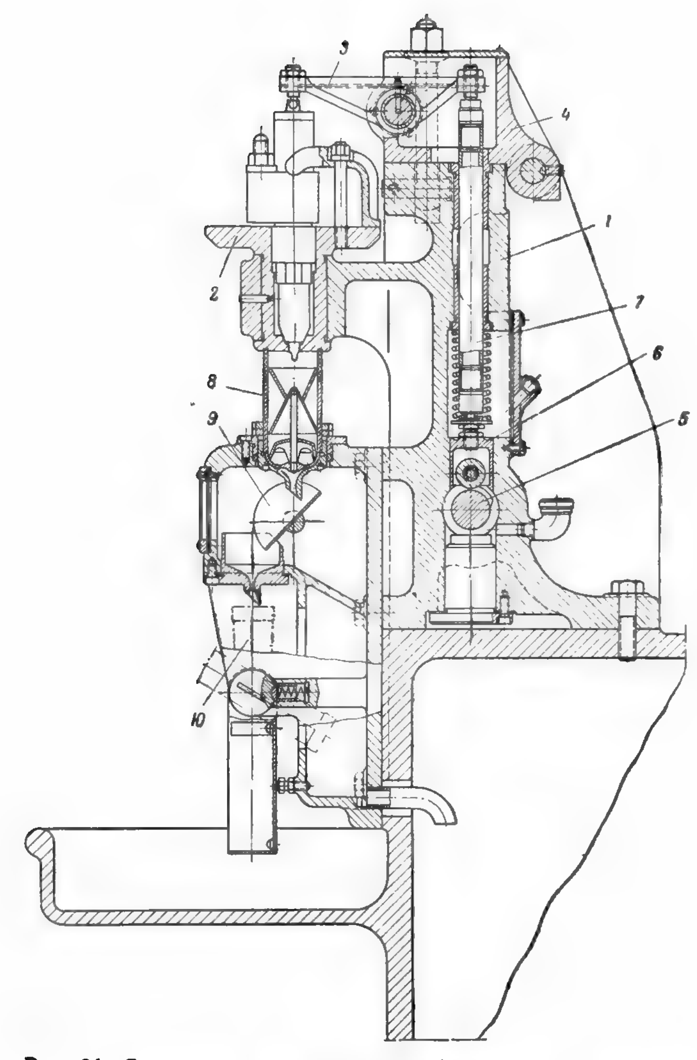


Рис. 91. Стенд для испытания насос-форсунок на производительность:

1 — станина; *2* — гнездо; *3* — рычаг; *4* — откидная головка; *5* — кулачковый валик; *6* — толкатель; *7* — штанга; *8* — глушитель; *9* — лоток; *10* — мерный цилиндр

На рис. 91 показан прибор, с помощью которого проверяют производительность насос-форсунки.

Промывка фильтров и воздухоочистителей

В объем обслуживания системы питания входит периодическая промывка всех топливных фильтров и слив воды и грязи из отстойников в топливных баках и топливоподкачивающих насосах.

Периодической промывке подвергаются воздухоочистители. Сроки промывки устанавливаются в зависимости от запыленности окружающего воздуха. Масло из масляной ванны удаляют и заменяют свежим. Фильтрующие пакеты из канители или сетчатые промывают в дизельном топливе или керосине. Когда с них стечет керосин или дизельное топливо, их опускают на полминуты в горячее масло. Излишнее масло должно также стечь перед установкой пакетов в воздухоочиститель. Если в воздухоочиститель входят циклоны, то их протирают сухим обтирочным материалом. Промывать циклоны не рекомендуется, так как от промывки может ухудшиться их работа. Следует иметь в виду, что даже после самой тщательной протирки на поверхностях циклонов могут остаться следы промывочной жидкости. В этом случае пыль, оседая на поверхностях циклонов, будет повышать сопротивление воздушному потоку и ухудшать качество очистки воздуха.

Регулировка системы зажигания

В системе зажигания во время работы происходит окисление и обгорание контактов, изменение зазора в прерывателе и отклонение от нормы угла опережения зажигания. Для устранения этих недостатков систему зажигания периодически проверяют и регулируют. Для установки зажигания проворачивают коленчатый вал так, чтобы поршень первого по порядку работы цилиндра оказался в верхней мертвой точке в такте сжатия. Затем коленчатый вал проворачивают против хода на угол, соответствующий углу опережения зажигания для данного двигателя, и кулачковую шайбу устанавливают в положение, соответствующее началу разрыва контактов прерывателя. В этот момент подвижный контакт распределителя должен находиться против неподвижного контакта,

связанного со свечой первого цилиндра. Затем повертывают коленчатый вал, пока между контактами не образуется наибольший зазор. Величина зазора обычно равна 0,45 *мм*. Зазор должен быть одинаковым по всей поверхности. В случае отклонения зазора его доводят до нормальной величины, изменяя положение неподвижного контакта.

Перед установкой зазора поверхности контактов очищают от окиси и нагара с помощью наждачной бумаги или надфиля. Не рекомендуется пользоваться монетой, как это часто делают механики-водители. После очистки монетой поверхность контакта окисляется и подгорает быстрее.

Искровые зажигательные свечи вывертывают из гнезд и очищают от нагара. Проверяют зазор между электродами, который должен быть равен 0,5 *мм*.

Смена смазки

Смену смазки производят через определенное число часов работы двигателя. В процессе замены картер и масляный бак промывают свежим маслом. Залив достаточное количество масла, двигатель запускают на несколько минут. Затем промывочное масло сливают, промывают все фильтры и заливают свежее масло до нормального уровня.

В системе охлаждения периодически очищают от грязи и пыли радиаторы и регулируют натяжение ремня вентилятора, где это предусмотрено конструкцией. Один или два раза в год, при переходе с одного сезона эксплуатации на другой, промывают систему охлаждения с целью удаления накипи.

Обкатка

У нового двигателя рабочие поверхности трущихся деталей имеют следы механической обработки (неровности), может быть неплотное прилегание некоторых сопряженных деталей. В первые же часы работы происходит ослабление креплений, усадка пружин, прокладок, возможное удлинение болтов и шпилек.

Эти обстоятельства вызывают необходимость особенно внимательно и грамотно эксплуатировать двигатель в первый период его работы, который называется о б к а т к о й д в и г а т е л я.

Продолжительность обкатки каждого двигателя, устанавливаемая в зависимости от конструкции, назначения и условий работы, не превышает 50 часов.

Во время обкатки не допускается работа с нагрузкой, превышающей 75% максимальной мощности. На многих двигателях с этой целью устанавливаются ограничители привода дроссельной заслонки или рейки, управляющей подачей горючего в дизелях. Перегрузка двигателя в период обкатки отражается впоследствии на качестве его работы и долговечности.

В первые часы работы особенно важно вести наблюдение за системой смазки. В процессе приработки масло вымывает из зазоров между трущимися поверхностями большое количество продуктов износа. Количество частиц металла в масле в первые 3—5 часов в десятки раз превышает количество их, накапливающееся в течение 50—60 часов нормальной эксплуатации, поэтому после первых 5—7 часов работы двигателя необходимо заменить смазку, проверить и очистить фильтрующие элементы масляных фильтров. Вторая смена смазки — по окончании периода обкатки, а последующие — в соответствии с установленной для данного двигателя периодичностью.

В процессе обкатки необходимо наблюдать за отдельными агрегатами двигателя, так как возможны случаи местных перегревов, приводящих к чрезмерным износам при последующей эксплуатации.

Эксплуатационные неисправности двигателя

В процессе эксплуатации двигателя можно встретиться с рядом эксплуатационных неисправностей. Рассмотрим наиболее характерные из них.

Неисправности в основном проявляются при запуске двигателя, когда двигатель не запускается. При условии, что перед запуском проведена необходимая подготовка, следует искать причины неисправности двигателя в системе питания или в системе зажигания двигателя.

В системе питания может быть нарушена подача горючего к карбюратору. Для проверки и устранения неисправности необходимо отвернуть трубопровод от нагнетательного штуцера насоса и прокачать горючее от руки.

Если горючее не показывается, то последовательно проверить трубопровод до бака (может быть засорен заборный фильтр или трубопровод). Если трубопровод исправен, следует проверить насос, в котором могут быть разрушены диафрагмы. Зимой в трубопроводе могут образоваться ледяные пробки. Если насос подает горючее, необходимо проверить иглу поплавковой камеры и жиклеры карбюратора. Когда система питания проверена и нет оснований сомневаться в ее исправности, следует проверить систему зажигания.

В системе зажигания проверяются: соответствует ли норме зазор в прерывателе, состояние контактов прерывателя и распределителя, правильность присоединения проводов высокого напряжения. Наличие тока в цепях низкого и высокого напряжения проверяется в процессе подготовки к запуску.

В двигателях с воспламенением от сжатия причиной безуспешного запуска может быть отсутствие подачи горючего к насосу высокого давления. Однако топливоподкачивающие насосы работают обычно безотказно. Таким образом, причину следует искать в фильтре: если фильтр сильно загрязнен, он оказывает большое сопротивление проходу горючего. Такой фильтр необходимо прочистить и промыть.

В топливный насос высокого давления может попасть воздух, вследствие чего насос не будет подавать горючего — за каждый ход плунжер будет сжимать воздух, обладающий хорошей упругостью. Для устранения этого явления необходимо выпустить воздух из системы через контрольные отверстия в насосе и фильтре.

Если двигатель не развивает оборотов и не отдает полной мощности, то в карбюраторном двигателе причинами такого явления могут быть — неисправность топливоподкачивающего насоса, засоренность жиклеров карбюратора и слишком малый зазор между контактами прерывателя или неисправность конденсатора в системе зажигания (в этом случае можно наблюдать в двигателе редкие хлопки в глушителе, сопровождающиеся черным дымом). В двигателях с воспламенением от сжатия причины следует искать в изменении угла опережения впрыска и в плохом распыливании некоторыми форсунками горючего.

Неустойчивые малые обороты свидетельствуют о нарушении регулировки устройства холостого хода в карбюраторном двигателе или о неудовлетворительной работе одной или нескольких форсунок в двигателе с воспламенением от сжатия.

Давление масла в системе смазки может снизиться вследствие увеличения зазоров в подшипниках коленчатого вала и при сильном разжижении масла горючим. При понижении давления масла двигатель необходимо немедленно остановить и выяснить причину.

Шумы, стуки и дымление

Работа двигателя сопровождается всегда ровным и ритмичным шумом. Иногда же сквозь этот шум слышны отдельные стуки различного характера. Стуки всегда свидетельствуют о неправильной работе двигателя. Так, по звонким и резким стукам можно судить о детонации в двигателе, по глухим стукам, увеличивающим громкость при резком изменении режима, — об увеличении зазора или разрушении подшипников. Резкие звуки могут издавать неправильно отрегулированные клапаны. При любом стуке, отличающемся от нормального шума, необходимо остановить двигатель, выяснить и устранить причины, порождающие стук.

Нормально отрегулированный и прогретый карбюраторный двигатель не должен дымить. Двигатель с воспламенением от сжатия может давать легкий прозрачный дымок сизого цвета. Сильное дымление двигателя указывает на возникновение в нем неисправности. При слишком большом обогащении рабочей смеси из глушителя или выпускных патрубков двигателя выходит дым темно-серого цвета, иногда даже черного. Дымление молочно-серого светлого тона появляется, когда при большом износе поршневых колец и поверхностей гильз в камеру сгорания попадает масло и сгорает там вместе с рабочей смесью.

Для исправного двигателя характерны:

— легкость запуска;
— равномерная работа цилиндров на всех режимах;
— нормальные температура и давление масла;
— нормальный расход горючего и масла;
— отсутствие посторонних стуков и дымления.

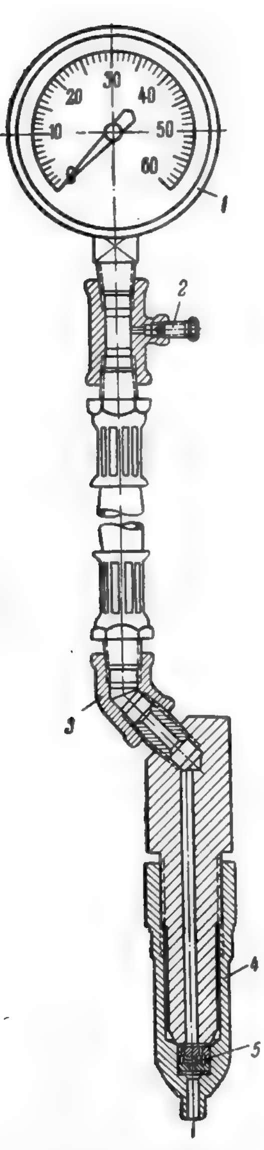


Рис. 92. Компрессометр:

1 — манометр; *2* — спускной краник; *3* — угловой переходник; *4* — наконечник; *5* — впускной клапан

Определение технического состояния двигателя

При ухудшении работы двигателя, при выработке двигателем межремонтного срока для выяснения работоспособности определяется техническое состояние двигателя.

Определение технического состояния начинается с рассмотрения технической документации — формуляров, паспортов, журналов учета работы и т. д. Принимаются во внимание производившиеся ремонт и обслуживание, наблюдавшиеся в процессе работы неисправности, время работы, изменение расхода горючего и масла. Правильно ведущиеся документы могут дать ясное представление о работе двигателя.

После ознакомления с документацией двигатель подробно и тщательно осматривают (внешний осмотр), затем производят пробный запуск. Если не удается сразу запустить двигатель, проверяют состояние пусковых средств, системы зажигания, топливоподающей аппаратуры и цилиндро-поршневой группы.

Состояние цилиндро-поршневой группы оценивается по величине давления в конце такта сжатия. Давление измеряется прибором—компрессометром (рис. 92). Компрессометр ввертывают штуцером вместо свечи, форсунки или устройства для воздушного запуска и двигатель проворачивают с помощью пускового уст-

ройства; при этом горючее не подают и зажигание выключают.

Манометр *1* показывает величину давления сжатия. Сравнивая давление сжатия, показанное компрессометром с нормальным давлением для данного двигателя, оценивают износ стенок цилиндра и поршневых колец. Для подтверждения изношенности цилиндров и поршневых колец измеряют давление в картере. Давление в картере создают отработавшие газы, проникающие через зазоры между поршневыми кольцами и стенками цилиндров. Чем сильнее изношен двигатель, тем выше давление в картере. Давление измеряется чувствительным жидкостным манометром (пьезометром). На рис. 93 изображены ртутный *а* и водяной *б* пьезометры. Трубку пьезометра присоединяют к отверстию суфлера, а по высоте столба жидкости оценивают давление в картере. Давление в картере замеряется на прогретом работающем двигателе на эксплуатационных оборотах.

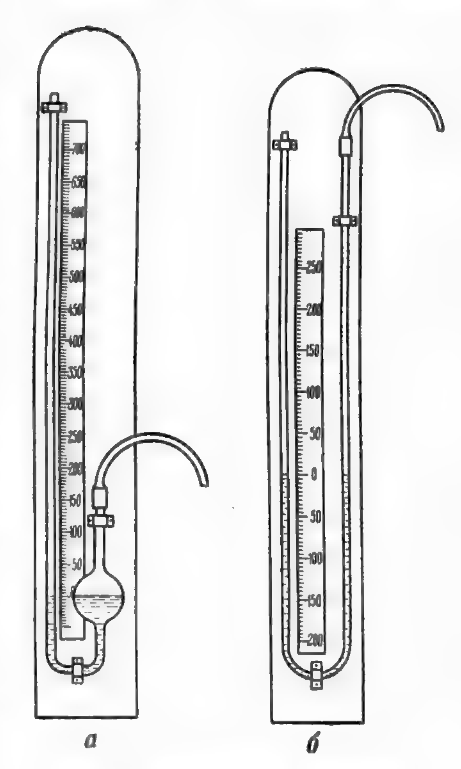


Рис. 93. Жидкостные манометры (пьезометры):
а — ртутный; *б* — водяной

При оценке технического состояния двигателя очень важно определить состояние подшипников коленчатого вала. Это очень трудно, так как мы располагаем лишь методом определения по падению давления масла или по

стукам. И стуки и падение давления масла происходят, когда двигатель опасно эксплуатировать из-за возможности разрушения деталей. На некоторых двигателях можно измерить давление масла не только на входе в коленчатый вал, но и на последней опоре — это дает возможность приближенно оценить состояние подшипников. На остальных же можно только довольствоваться показаниями масляного манометра, измеряющего давление на входе в масляную магистраль. Понижение давле-



Рис. 94. Стетоскоп

ния против нормы при исправных клапанах насоса свидетельствует об износе или частичном разрушении подшипников.

Стуки иногда трудно уловить вследствие общего шума двигателя во время его работы. Чтобы определить ненормальный, даже небольшой стук в двигателе, пользуются простым прибором — стетоскопом (рис. 94). Стетоскоп позволяет уловить стук не только в подшипниках коленчатого вала, но и в распределительном механизме и в клапанах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Виктор Николаевич Павлов,
Владимир Петрович Тарасенков

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Редактор инженер-полковник *Почтарев Н. Ф.*
Технический редактор *Мясникова Т. Ф.*
Корректор *Сафошкина Л. А.*

Сдано в набор 3.12.56 г.
Подписано к печати 7.06.57 г.
Формат бумаги $84 \times 108^{1}/_{32}$ — $5^{1}/_{2}$ печ. л. =
= 9,02 усл. печ. л. 8,736 уч.-изд. л.
Г-32301
Военное Издательство Министерства Обороны
Союза ССР
Москва, Тверской бульвар, 18.
Изд. № 8/7844д Зак. 1251.

1-я типография имени С. К. Тимошенко
Управления Военного Издательства
Министерства Обороны Союза ССР
Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3.
Цена 2 р. 55 к.

К ЧИТАТЕЛЯМ!

Военное Издательство просит присылать свои отзывы и замечания на книги «Научно-популярной библиотеки солдата» по адресу: Москва, Тверской бульвар, 18, Управление Военного Издательства.

Цена 2 руб. 55 коп.